Крестьянинов В.Ю., Вайнер Г.Б.

СБОРНИК
задач по генетике с решениями

Издательство "Лицей"

Оглавление:

Глава I. Решение и оформление генетических задач

Темы главы I

1. Некоторые общие методические приемы, которые могут быть использованы при решении задач

2. Оформление задач по генетике

3. Пример решения и оформления задач

1. Некоторые общие методические приемы, которые могут быть использованы при решении задач

Подавляющее большинство ошибок, допускаемых учащимися, связано с невыполнением простых правил, которые они должны усвоить из курса генетики. К этим правилам относятся следующие:

1. Каждая гамета получает гаплоидный набор хромосом (генов). Все хромосомы (гены) имеются в гаметах.
2. В каждую гамету попадает только одна гомологичная хромосома из каждой пары (только один ген из каждой аллели).
3. Число возможных вариантов гамет равно 2n, где n – число хромосом, содержащих гены в гетерозиготном состоянии.
4. Одну гомологичную хромосому (один аллельный ген) из каждой пары ребенок получает от отца, а другую (другой аллельный ген) – от матери.
5. Гетерозиготные организмы при полном доминировании всегда проявляют доминантный признак. Организмы с рецессивным признаком всегда гомозиготны.
6. Решение задачи на дигибридное скрещивание при независимом наследовании обычно сводится к последовательному решению двух задач на моногибридное (это следует из закона независимого наследования).

Кроме того, для успешного **решения задач по генетике** следует уметь выполнять некоторые несложные операции и использовать методические приемы, которые приводятся ниже.

Прежде всего необходимо внимательно изучить **условие задачи**. Даже те учащиеся, которые хорошо знают закономерности наследования и успешно решают генетические задачи, часто допускают грубые ошибки, причинами которых является невнимательное или неправильное прочтение условия.

Следующим этапом является определение **типа задачи**. Для этого необходимо выяснить, сколько пар признаков рассматривается в задаче, сколько пар генов кодирует эти признаки, а также число классов фенотипов, присутствующих в потомстве от скрещивания гетерозигот или при анализирующем скрещивании, и количественное соотношение этих классов. Кроме того, необходимо учитывать, связано ли наследование признака с половыми хромосомами, а также сцепленно или независимо наследуется пара признаков. Относительно последнего могут быть прямые указания в условии. Также, свидетельством о сцепленном наследовании может являться соотношение классов с разными фенотипами в потомстве.

Для облегчения решения можно записать **схему брака (скрещивания)** на черновике, отмечая фенотипы и генотипы особей, известных по условию задачи, а затем начать выполнение операций по выяснению неизвестных генотипов. Для удобства неизвестные гены на черновике можно обозначать значками *, _ или ?.

Выяснение генотипов особей, неизвестных по условию, является **основной методической операцией**, необходимой для решения генетических задач. При этом решение всегда надо начинать с особей, несущих рецессивный признак, поскольку они гомозиготны и их генотип по этому признаку однозначен – aa.

Выяснение генотипа организма, несущего доминантный признак, является более сложной проблемой, потому что он может быть гомозиготным (АА) или гетерозиготным (Аа).
Гомозиготными (АА) являются представители «чистых линий», то есть такие организмы, все предки которых несли тот же признак. Гомозиготными являются также особи, оба родителя которых были гомозиготными по этому признаку, а также особи, в потомстве которых (F_1) не наблюдается расщепление.
Организм гетерозиготен (Аа), если один из его родителей или потомков несет рецессивный признак, или если в его потомстве наблюдается расщепление.
В некоторых задачах предлагается выяснить, **доминантным** или **рецессивным** является рассматриваемый признак. Следует учитывать, что доминантный признак во всех случаях, кроме неполного доминирования, проявляется у гетерозиготных особей. Его несут также фенотипически одинаковые родители, в потомстве которых встречаются особи, отличные от них по фенотипу. При моногенном наследовании доминантный признак всегда проявляется у потомства F_1 при скрещивании гомозиготных родителей (чистых линий) с разным фенотипом (исключение – неполное доминирование).
При определении возможных вариантов распределения генов в гаметах следует помнить, что каждая гамета содержит гаплоидный набор генов и что в нее попадает только один ген из каждой пары, определяющей развитие признака. Число возможных вариантов гамет равно 2n, где n – число рассматриваемых пар хромосом, содержащих гены в гетерозиготном состоянии.
Распространенной ошибкой при определении вариантов гамет является написание одинаковых типов гамет, то есть содержащих одни и те же сочетания генов. Для определения возможных типов гамет более целесообразным представляется **запись генотипов в хромосомной форме**. Это упрощает определение всех возможных вариантов сочетания генов в гаметах (особенно при полигибридном скрещивании). Кроме того, некоторые задачи невозможно решить без использования такой формы записи.
Сочетания гамет, а также соответствующие этим сочетаниям фенотипы потомства при дигибридном или полигибридном скрещивании равновероятны, и поэтому их удобно определять с помощью **решетки Пеннета**. По вертикали откладываются типы гамет, продуцируемых матерью, а по горизонтали – отцом. В точках пересечения вертикальных и горизонтальных линий записываются соответствующие сочетания генов. Обычно выполнение операций, связанных с использованием решетки Пеннета, не вызывает затруднений у учащихся. Следует учитывать только то, что гены одной аллельной пары надо писать рядом (например, ААВВ, а не АВАВ).
Конечным этапом решения является **запись схемы скрещивания (брака)** в соответствии с требованиями по оформлению, описанными ниже, а также максимально подробное изложение всего хода рассуждений по решению задачи с обязательным логическим обоснованием каждого вывода. Отсутствие объяснения даже очевидных, на первый взгляд, моментов может быть основанием для снижения оценки на экзамене.
Довольно распространенными являются задачи, которые могут иметь **несколько вариантов решения** (в качестве примера представлена задача 3-13). Все варианты решения должны быть рассмотрены учащимися.
Конкретные приемы **решения задач** каждого типа приводятся в соответствующих главах.

2. Оформление задач по генетике

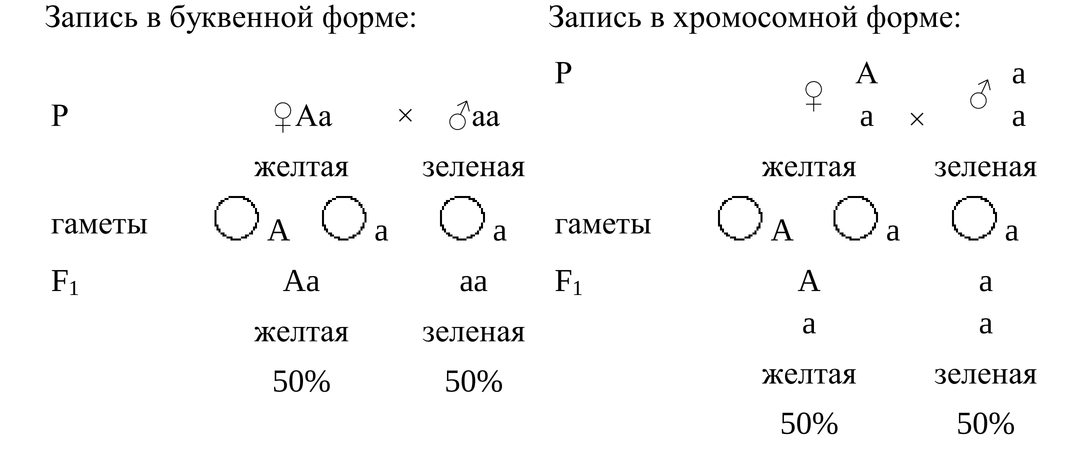
При **оформлении задач** необходимо уметь пользоваться символами, принятыми в традиционной генетике и приведенными ниже:

♀	женский организм
♂	мужской организм
×	знак скрещивания
P	родительские организмы

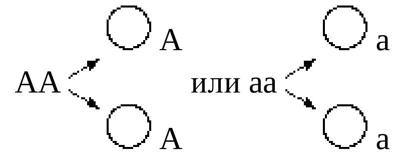
F_1, F_2	дочерние организмы первого и второго поколения
A, B, C...	гены, кодирующие доминантные признаки
a, b, c...	аллельные им гены, кодирующие рецессивные признаки
AA, BB, CC...	генотипы особей, моногомозиготных по доминантному признаку
Aa, Bb, Cc...	генотипы моногетерозиготных особей
aa, bb, cc...	генотипы рецессивных особей
AaBb, AaBbCc	генотипы ди- и тригетерозигот
A B, CD a b cd	генотипы дигетерозигот в хромосомной форме при независимом и сцепленном наследовании
◯ A , ◯ a , ◯ AB , ◯ cd	гаметы

Пример записи схемы скрещивания (брака)

A – желтая окраска семян, a – зеленая окраска семян.



Запись в хромосомной форме, как отмечено выше, является более предпочтительной. При написании **схемы скрещивания (брака)** обязательно следует указывать фенотипы всех рассматриваемых особей, поколение, к которому они принадлежат (F_1, F_2 и т.д.), а также пол родителей и потомства. Гаметы следует обвести кружком (при невыполнении этого можно спутать гаметы с генами генотипа). К распространенным **ошибкам**, допускаемым учащимися **при оформлении задач**, относятся также случаи, когда генотип женского организма написан не слева (принятая форма записи), а справа. Довольно часто встречаются **ошибки**, когда у гомозиготных особей отмечается два типа гамет, например:



Такая запись не имеет смысла, так как должно быть указано не число гамет, которых может быть множество, а только число их типов. Запись типа «один ребенок будет больным, а другой здоровым» или «первый ребенок родится больным, а второй здоровым» также лишена смысла, поскольку результаты указывают лишь на вероятность рождения тех или иных особей.

3. Пример решения и оформления задач

Задача 1-1

У человека альбинизм – аутосомный рецессивный признак. Мужчина альбинос женился на женщине с нормальной пигментацией. У них родилось двое детей – нормальный и альбинос. Определить генотипы всех указанных членов семьи.

Решение

A – нормальная пигментация, a – альбинизм.

I. **Запись схемы брака по фенотипам (на черновике)**

P	♀	×	♂
	нормальная пигментация		альбинос
F_1	аа		А*
	альбинос		нормальная пигментация

II. **Выяснение и запись генотипов, известных по условию задачи**

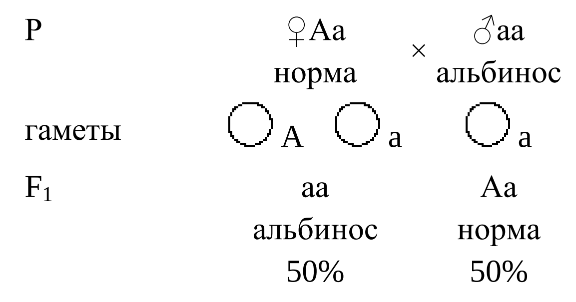
Генотип особи с рецессивным признаком известен – аа. Особь с доминантным признаком имеет генотип А*:

P	♀А*	×	♂аа
	норма		альбинос
F_1	аа		А*
	альбинос		норма

III. **Определение генотипов организмов по генотипам родителей и потомков**

1. Генотип мужчины и ребенка альбиносов – аа, так как оба они несут рецессивный признак.
2. Женщина и здоровый ребенок имеют в своем генотипе доминантный ген А, потому что у них проявляется доминантный признак.
3. Генотип ребенка с нормальной пигментацией – Аа, поскольку его отец гомозиготен по рецессиву (аа) и мог передать ему только ген а.
4. Один из детей имеет генотип аа. Один аллельный ген ребенок получает от матери, а другой от отца. Поэтому мать должна нести рецессивный ген а. Ее генотип – Аа.

IV. **Запись хода рассуждений по выяснению генотипов и схемы брака в чистовик**



V.

Ответ

Генотип мужа – аа, жены – Аа, ребенка с нормальной пигментацией – Аа, ребенка-альбиноса – аа.

Глава II. Моногибридное скрещивание

Темы главы II

1. Иллюстрации первого и второго законов Менделя

2. Выяснение генотипов организмов по генотипам и фенотипам родителей и потомков

3. Выяснение генотипов родителей по расщеплению в потомстве

4. Определение вероятности рождения потомства с искомыми признаками

5. Определение доминантности или рецессивности признака

Ответы и решения

Моногибридным называется скрещивание, при котором рассматривается наследование одной пары альтернативных (контрастных, взаимоисключающих) признаков, детерминируемых одной парой генов.

При моногибридном скрещивании соблюдается **первый закон Менделя** (закон единообразия), согласно которому при скрещивании гомозиготных организмов у их потомков F_1 проявляется только один альтернативный признак (доминантный), а второй находится в скрытом (рецессивном) состоянии. Потомство F_1 единообразно по фенотипу и генотипу. Согласно **второму закону Менделя** (закон расщепления) при скрещивании гетерозигот в их потомстве F_2 наблюдается расщепление по генотипу в соотношении 1:2:1 и по фенотипу в пропорции 3:1.

Для успешного решения задач на моногибридное скрещивание необходимо также четко знать **правило «чистоты гамет»**, согласно которому в каждую гамету попадает только один ген из каждой пары, определяющей развитие признака.

1. Иллюстрации первого и второго законов Менделя

Задача 2-1

Ген черной масти у крупнорогатого скота доминирует над геном красной масти. Какое потомство F_1 получится от скрещивания чистопородного черного быка с красными коровами? Какое потомство F_2 получится от скрещивания между собой гибридов?

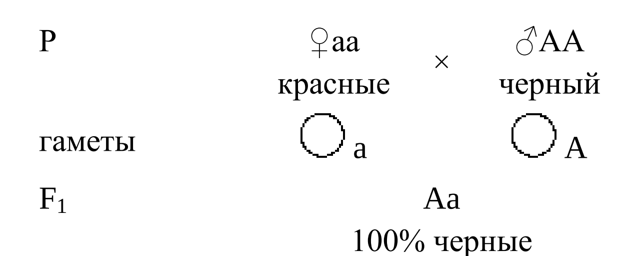
Решение

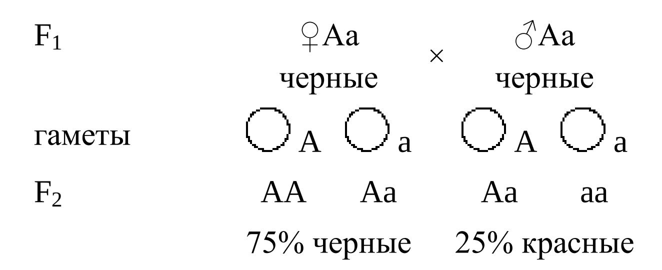
А – ген черной масти,

а – ген красной масти.

1. Красные коровы несут рецессивный признак, следовательно, они гомозиготны по рецессивному гену и их генотип – аа.
2. Бык несет доминантный признак черной масти и является чистопородным, т.е. гомозиготным. Следовательно, его генотип –АА.
3. Гомозиготные особи образуют один тип гамет, поэтому черный бык может продуцировать только гаметы, несущие доминантный ген А, а красные коровы несут только рецессивный ген а.
4. Они могут сочетаться только одним способом, в результате чего образуется единообразное поколение F_1 с генотипом Аа.
5. Гетерозиготы с равной вероятностью формируют гаметы, содержащие гены А и а. Их слияние носит случайный характер, поэтому в F_2 будут встречаться животные с генотипами АА (25%), Аа (50%) и аа (25%), то есть особи с доминантным признаком будут составлять примерно 75%.

Схема скрещивания





Ответ

При скрещивании чистопородного черного быка с красными коровами все потомство будет черного цвета. При скрещивании между собой гибридов F_1 в их потомстве (F_2) будет наблюдаться расщепление: 3/4 особей будет черного цвета, 1/4 – красного.

Задача 2-2

Гладкая окраска арбузов наследуется как рецессивный признак. Какое потомство получится от скрещивания двух гетерозиготных растений с полосатыми плодами?

2. Выяснение генотипов организмов по генотипам и фенотипам родителей и потомков

При решении таких задач необходимо помнить, что генотип особей с **рецессивным признаком** известен – они **гомозиготны**.

Наличие доминантного или рецессивного гена у организмов, несущих **доминантный признак** (их гомо- или гетерозиготность), можно определить по генотипам их родителей или потомков, учитывая то, что один ген из каждой пары ребенок получает от отца, а второй – от матери.

Задача 2-3

Способность человека ощущать горький вкус фенилтиомочевины (ФТМ) – доминантный признак, ген которого (Т) локализован в 17-й аутосоме. В семье мать и дочь ощущают вкус ФТМ, а отец и сын не ощущают. Определить генотипы всех членов семьи.

Решение

1. Отец и сын не ощущают вкус ФТМ, т.е. несут рецессивный признак, следовательно, их генотип – tt.
2. Мать и дочь ощущают вкус, значит, каждая из них несет доминантный ген Т.
3. Одну хромосому ребенок получает от отца, другую – от матери. От отца дочь может получить только рецессивный ген t (поскольку он гомозиготен). Следовательно, генотип дочери – Tt.
4. В потомстве матери есть особь с генотипом tt, следовательно, она также несет рецессивный ген t, и ее генотип – Tt.

Схема брака

P	♀Tt ощущает вкус ФТМ	×	♂tt не ощущает вкус ФТМ
гаметы	◯ T ◯ a		◯ t
F_1	Tt ощущает вкус ФТМ		tt не ощущает вкус ФТМ

Ответ

Генотип матери и дочери – Tt, отца и сына – tt.

Задача 2-4

У человека ген, вызывающий одну из форм наследственной глухонемоты, рецессивен по отношению к гену нормального слуха. От брака глухонемой женщины с нормальным мужчиной родился глухонемой ребенок. Определить генотипы всех членов семьи.

Задача 2-5

Седая прядь волос у человека – доминантный признак. Определить генотипы родителей и детей, если известно, что у матери есть седая прядь волос, у отца – нет, а из двух детей в семье один имеет седую прядь, а другой не имеет.

Задача 2-6

Комолость у крупного рогатого скота доминирует над рогатостью. Комолый бык Васька был скрещен с тремя коровами. От скрещивания с рогатой коровой Зорькой родился рогатый теленок, с рогатой коровой Буренкой – комолый. От скрещивания с комолой коровой Звездочкой родился рогатый теленок. Каковы генотипы всех животных, участвовавших в скрещивании?

3. Выяснение генотипов родителей по расщеплению в потомстве

Задача 2-7

У морских свинок ген мохнатой шерсти (R) доминирует над геном гладкой шерсти (r). Мохнатая свинка при скрещивании с гладкой дала 18 мохнатых и 20 гладких потомков. Каков генотип родителей и потомства? Могли бы у этих свинок родиться только гладкие особи?

Задача 2-8

У овса ранняя спелость доминирует над позднеспелостью. На опытном участке от скрещивания позднеспелого овса с гетерозиготным раннеспелым получено 69134 растения раннего созревания. Определить число позднеспелых растений.

Задача 2-9

Плоды томата бывают круглыми и грушевидными. Ген круглой формы доминирует. В парниках высажена рассада, полученная из гибридных семян. 31750 кустов имели плоды грушевидной формы, а 92250 – круглой. Сколько было среди выросших кустов гетерозиготных растений?

Решение

А – круглая форма,

а – грушевидная форма.

1. Рассада была получена из гибридных (гетерозиготных) растений. Их генотип – Аа. Расщепление в потомстве, близкое к 3 : 1, подтверждает это предположение.
2. Среди растений с круглой формой плодов имеются гетерозиготы (Аа) и гомозиготы (АА). Поскольку в F_2 при моногибридном скрещивании наблюдается расщепление по генотипу в пропорции 1 : 2 : 1, то гетерозиготных растений должно быть от общего числа растений с доминантным признаком, т.е. 92290 · 2/3 = 61500, или в 2 раза больше, чем растений с рецессивным признаком: 31750 · 2 = 63500.

Ответ

Гетерозиготных растений было примерно 62500.

4. Определение вероятности рождения потомства с искомыми признаками

Вероятность появления особей с тем или иным генотипом можно определить по формуле:

$$\text{вероятность} = \frac{\text{число ожидаемых событий}}{\text{число всех возможных событий}} \quad (1)$$

Вероятность осуществления взаимосвязанных событий равна произведению вероятностей каждого события.

Задача 2-10

Одна из форм шизофрении наследуется как рецессивный признак. Определить вероятность рождения ребенка с шизофренией от здоровых родителей, если известно, что бабушка со стороны отца и дед со стороны матери страдали этими заболеваниями.

Решение

1. Мужчина и женщина здоровы, следовательно, они несут доминантный ген А.
2. У каждого из них один из родителей нес рецессивный признак шизофрении (аа), следовательно, в их генотипе присутствует также рецессивный ген а, и их генотип – Аа.

   Схема брака

P	♀Аа здорова		×	♂Аа здоров	
гаметы	○ A	○ a	○ A	○ a
F_1	АА здоров 25%	Аа здоров 25%	Аа здоров 25%	аа болен 25%

3. Вероятность появления больного ребенка равна 1/4 (число событий, при котором появляется генотип аа, равно 1, число всех возможных событий равно 4).

Ответ

Вероятность рождения ребенка, больного шизофренией, равна 25% (1/4).

Задача 2-11

Фенилкетонурия (нарушение аминокислотного обмена) наследуется как рецессивный признак. Жена гетерозиготна по гену фенилкетонурии, а муж гомозиготен по нормальному аллелю этого гена. Какова вероятность рождения у них больного ребенка?

Задача 2-12

Ирландские сеттеры могут быть слепыми в результате действия рецессивного гена. Пара животных с нормальным зрением дала помет из нескольких щенков, один из которых оказался слепым. Установить генотипы родителей. Один из зрячих щенят из этого помета должен быть продан для дальнейшего размножения. Какова вероятность того, что он гетерозиготен по гену слепоты?

5. Определение доминантности или рецессивности признака

Если в задаче не указано, какой **признак** является **доминантным**, а какой **рецессивным**, его можно определить, исходя из следующих соображений:

1. Если при скрещивании двух организмов с альтернативными признаками в их потомстве проявляется только один, то он и будет **доминантным**.
2. Если у организма наблюдается расщепление в потомстве, то он гетерозиготен и, следовательно, несет **доминантный признак**.
3. Если у двух родителей, одинаковых по фенотипу, родился ребенок с отличным от них признаком, то признак, имеющийся у исходных форм, является **доминантным**.

Задача 2-13

От скрещивания комолого (безрогого) быка с рогатыми коровами получились комолые и рогатые телята. У коров комолых животных в родословной не было. Какой признак доминирует? Каков генотип родителей и потомства?

Решение

1. У коров все предки несли тот же признак, значит, они принадлежат к чистой линии и являются гомозиготными.

2. Потомство F_1 не является единообразным, следовательно, в скрещивании участвовали одна или несколько гетерозиготных особей. Поскольку коровы гомозиготны, то гетерозиготным является бык.
3. Гетерозиготные организмы при полном доминировании несут доминантный признак, следовательно, таким признаком является комолость.

Запись скрещивания

А – комолость, а – рогатость.

P	♀аа рогатые	×	♂Аа комолый
гаметы	◯ а		◯ А ◯ а
F_1	Аа комолые 50%		аа рогатые 50%

Ответ

Доминантным является признак комолости. Генотип быка – Аа, коров – аа, телят – Аа и аа.

Задача 2-14

Дурман, имеющий пурпурные цветы, дал при самоопылении 30 потомков с пурпурными и 9 с белыми цветами. Какие выводы можно сделать о наследовании окраски цветов у растений этого вида? Какая часть потомства F_1 не даст расщепления при самоопылении?

Задача 2-15

При скрещивании серых мух друг с другом в их потомстве F_1 наблюдалось расщепление. 1392 особи были серого цвета и 467 особей – черного. Какой признак доминирует? Определить генотипы родителей.

Задача 2-16

Две черные самки мыши скрещивались с коричневым самцом. Одна самка дала 20 черных и 17 коричневых потомков, а другая – 33 черных. Какой признак доминирует? Каковы генотипы родителей и потомков?

Задача 2-17

У двух здоровых родителей родился ребенок альбинос. Второй ребенок был нормальным. Доминантный или рецессивный ген определяет альбинизм? Определить генотипы родителей и детей.

Задача 2-18

При скрещивании серых кур с белыми все потомство оказалось серым. При скрещивании этого потомства опять с белыми получилось 172 особи, из которых 85 серых. Какой признак доминирует? Каковы генотипы обеих форм и их потомства?

Задача 2-19

При скрещивании нормальных дрозофил между собой в их потомстве 25% особей оказались с уменьшенными глазами. Последних скрестили с родительскими особями и получили 37 мух с уменьшенными и 39 с нормальными глазами. Определить генотипы скрещиваемых в обоих опытах дрозофил.

Задача 2-20

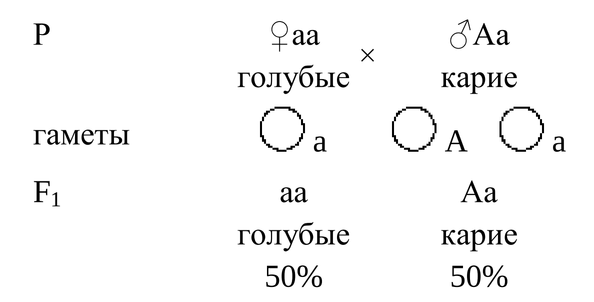
У Пети и Саши карие глаза, а у их сестры Маши – голубые. Мама этих детей голубоглазая, хотя ее родители имели карие глаза. Какой признак доминирует? Какой цвет глаз у папы? Напишите генотипы всех перечисленных лиц.

Решение

1. У двух кареглазых людей (дедушка и бабушка) родился ребенок, отличающийся от них по фенотипу, следовательно, они гетерозиготны и их генотип – Аа.

2. Гетерозиготы несут доминантный признак, значит, таковым является кария окраска глаз (А), а голубоглазость определяется рецессивным геном (а).
3. Генотип голубоглазых матери и дочери – аа, так как они проявляют рецессивный признак.
4. Генотип сыновей – Аа, потому что они кареглазы (А), и от матери могли унаследовать только рецессивный ген а.
5. Отец должен быть кареглазым, потому что сыновья могли получить доминантный ген А только от него. Он несет также рецессивный ген а, потому что у него есть ребенок с генотипом аа. Следовательно, генотип отца – Аа.

Схема брака



Ответ

Генотип дедушки и бабушки со стороны матери – Аа, матери и дочери – аа, отца и сыновей – Аа. Доминирующим является признак карего цвета глаз.

Задача 2-21

В одном из зоопарков Индии у пары тигров с нормальной окраской родился тигр-альбинос. Тигры-альбиносы встречаются крайне редко. Какие действия должны провести селекционеры, чтобы как можно быстрее получить максимальное количество тигрят с данным признаком?

Решение

1. У фенотипически одинаковых животных родился отличающийся от них детеныш, следовательно, они гетерозиготны, их генотип – Аа, а нормальная пигментация является доминантным признаком.
2. Генотип тигра-альбиноса – аа (он проявляет рецессивный признак).
3. При скрещивании тигра-альбиноса с обычными тиграми (генотип АА, так как признак очень редкий) в потомстве первого поколения альбиносов не было бы. И только при скрещивании гибридов F_1 в их потомстве F_2 альбиносы встречались бы с частотой примерно 25%. Поэтому более целесообразным было бы скрестить тигра-альбиноса с одним из родителей. В этом случае уже в первом поколении половина потомства несла бы признак альбинизма:

P	♀Аа	×	♂аа
	нормальный		альбинос
гаметы	○ А ○ а		○ а
F_1	Аа		аа
	нормальный		альбинос
	50%		50%

Такое скрещивание и было проведено селекционерами.

Задача 2-22

Устойчивые к действию ДДТ самцы тараканов скрещивались с чувствительными к этому инсектициду самками. В F_1 все особи оказались устойчивыми к ДДТ, а в F_2 произошло расщепление: 5768 устойчивых и 1919 чувствительных. Какой из признаков доминирует? Какая часть устойчивых особей при скрещивании между собой будет давать чувствительных потомков?

Задача 2-23

В лабораторию с мышами, гомозиготными по гену серого цвета, привезли из питомника серого самца. Все гибриды первого поколения были серыми. Всех гибридных самок этого поколения скрестили с тем же самцом и получили во втором поколении расщепление по цвету (серые мыши, черные мыши) в пропорции 7:1. Объясните результаты, считая, что окраска зависит от одной пары аллелей.

Решение

1. В потомстве F_2 встречаются мыши с отличным от исходных особей признаком. Это говорит о том, что в скрещивании участвовали гетерозиготные организмы. Исходные самки гомозиготны по условию задачи, следовательно, гетерозиготным является самец.
2. Серый цвет является доминантным признаком, так как он проявляется у гетерозиготного самца.
3. При скрещивании гомозиготных и гетерозиготных мышей половина потомства F_1 будет иметь генотип АА и половина – генотип Аа.
4. Во втором поколении скрещивание самца с гомозиготными самками из первой половины будет давать только серых мышат, а скрещивание с гетерозиготными самками будет давать расщепление в пропорции 3:1, т.е. доля черных мышат в потомстве F_2 будет равна: $1/2 \cdot 1/4 = 1/8$, где 1/2 – вероятность того, что самец будет скрещен с гетерозиготной самкой (только в этом случае возможно рождение черного мышонка), а 1/4 – вероятность получения такого потомка от этого скрещивания. Общая вероятность в данном случае равна произведению вероятностей.

Это удовлетворяет условию задачи. Расщепление в соотношении, отличающемся от менделевского (3:1), обусловлено тем, что в скрещивании участвовали генетически неоднородные самки.

Задача 2-24

Наследование резус-фактора осуществляется по обычному аутосомно-доминантному типу. Организм с резус-положительным фактором (Rh+) несет доминантный ген R, а резус-отрицательный (rh–) – рецессивный ген r. Если муж и жена резус-положительны, то может ли их ребенок быть резус-отрицательным?

Задача 2-25

Ребенок резус-положителен. Какой резус-фактор может быть у родителей?

Ответы и решения к задачам главы II

2-1. При скрещивании чистопородного черного быка с красными коровами все потомство будет черного цвета. При скрещивании между собой гибридов F_1 в их потомстве F_2 будет наблюдаться расщепление: 3/4 особей будет черного цвета, 1/4 – красного.

2-2. При скрещивании двух гетерозиготных растений получится растений с полосатыми плодами: 25% – с генотипом АА, 50% – с генотипом Аа, 25% растений – с гладкими плодами (генотип аа).

2-3. Генотип матери и дочери – Tt, отца и сына – tt.

2-4. Генотип женщины – аа, мужчины – Аа, ребенка – аа.

2-5. Генотип матери – Аа, отца – аа, ребенка с седой прядью – Аа, ребенка без седой пряди – аа.

2-6. Генотип быка – Аа, рогатых коров – аа, комолой коровы – Аа, генотип первого теленка – аа, второго – Аа, третьего – аа.

2-7. Генотип мохнатых свинок – Rr, гладких – rr. Поскольку законы Менделя носят вероятностный характер, то у этих свинок могли бы родиться потомки только с гладкой шерстью, но вероятность этого невелика.

2-8. Примерно столько же, так как в данном случае, как и при анализируемом скрещивании, происходит расщепление признака в соотношении 1:1.

2-9. Гетерозиготных было примерно 62500 растений.

2-10. Вероятность рождения ребенка, больного шизофренией, равна 1/4.

2-11. Вероятность рождения больного ребенка равна 0.

2-12. Вероятность того, что щенок с нормальным зрением будет гетерозиготен по гену слепоты, равна 2/3.

2-13. Доминантным является признак комолости. Генотип быка – Аа, коров – аа, телят – Аа и аа.

2-14. Доминантным является признак пурпурной окраски цветов. При самоопылении F_1 примерно половина особей не даст расщепления.
2-15. Доминирует серый цвет. Родители гетерозиготны по этому признаку (Aa).
2-16. Доминирует признак черной окраски. Генотип самца – aa, первой самки – Aa, второй – AA. Генотип потомства при первом скрещивании – Aa и aa, при втором – Aa.
2-17. Альбинизм определяется рецессивным геном. Генотипы родителей и нормального ребенка – Aa. Генотип ребенка-альбиноса – aa.
2-18. Доминирует признак серой окраски. Генотип белых кур – aa, серых родителей – AA, серого потомства F_1 – Aa.
2-19. Доминирует признак нормальной формы глаз. Генотип исходных особей – Aa, потомков F_1 с уменьшенными глазами – aa.
2-20. Генотип дедушки и бабушки со стороны матери – Aa, матери и дочери – aa, отца и сыновей – Aa. Доминирующим является признак карего цвета глаз.
2-21. Надо провести возвратное скрещивание с одним из родителей. В этом случае половина потомства будет являться альбиносами.
2-22. Доминантным является признак устойчивости, так как он проявляется у потомства при скрещивании особей с альтернативными фенотипами. В потомстве F_2 гетерозиготными (способными давать чувствительных потомков) будет около 2/3 всех устойчивых, то есть $5768 \cdot 2/3 \approx 3800$ особей.
2-23. Объяснение в тексте.
2-24. Может, если оба родителя гетерозиготны (Rr×Rr).
2-25. У родителей возможно любое сочетание генотипов, кроме rr×rr.

Глава III. Взаимодействие аллельных генов. Множественный аллелизм

Темы главы III
1. Неполное доминирование и кодоминирование
2. Наследование по типу множественных аллелей
3. Наследование других признаков, осуществляющееся по типу множественных аллелей
Ответы и решения

1. Неполное доминирование и кодоминирование

При **неполном доминировании** у гетерозигот не проявляется ни один признак из имеющихся у родителей. При **промежуточном наследовании** гибриды несут среднее выражение признаков. При **кодоминировании** у гетерозигот проявляются оба родительских признака. Примером промежуточного наследования может служить наследование окраски плодов земляники или цветков ночной красавицы, кодоминирования – наследование чалой масти у крупного рогатого скота.

Задача 3-1

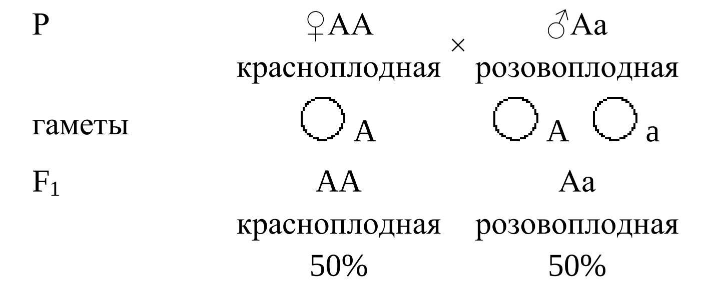
При скрещивании между собой растений красноплодной земляники всегда получаются растения с красными ягодами, а белоплодной – с белыми. В результате скрещивания обоих сортов получаются розовые ягоды. Какое потомство получится при опылении красноплодной земляники пыльцой растения с розовыми ягодами?

Решение

1. Растения с красными и белыми плодами при скрещивании между собой не давали в потомстве расщепления. Это указывает на то, что они являются гомозиготными.
2. Скрещивание гомозиготных особей, отличающихся по фенотипу, приводит к образованию у гетерозигот нового фенотипа (розовая окраска плодов). Это свидетельствует о том, что в данном случае наблюдается явление промежуточного наследования.
3. Таким образом, растения с розовыми плодами являются гетерозиготными, а с белыми и красными – гомозиготными.

   Схема скрещивания

   АА – красные плоды, аа – белые плоды, Аа – розовые плоды.



Ответ

50% растений будут иметь красные и 50% – розовые плоды.

Задача 3-2

У растения «ночная красавица» наследование окраски цветов осуществляется по промежуточному типу. Гомозиготные организмы имеют красные или белые цветы, а у гетерозигот они розовые. При скрещивании двух растений половина гибридов имела розовые, а половина – белые цветки. Определить генотипы и фенотипы родителей.

Задача 3-3

Форма чашечки у земляники может быть нормальная и листовидная. У гетерозигот чашечки имеют промежуточную форму между нормальной и листовидной. Определить возможные генотипы и фенотипы потомства от скрещивания двух растений, имеющих промежуточную форму чашечки.

Задача 3-4
Кохинуровые норки (светлые, с черным крестом на спине) получаются в результате скрещивания белых норок с темными. Скрещивание между собой белых норок всегда дает белое потомство, а скрещивание темных – темное. Какое потомство получится от скрещивания между собой кохинуровых норок? Какое потомство получится от скрещивания кохинуровых норок с белыми?
Задача 3-5
Скрестили пестрых петуха и курицу. В результате получили 26 пестрых, 12 черных и 13 белых цыплят. Какой признак доминирует? Как наследуется окраска оперения у этой породы кур?
Задача 3-6
У одного японского сорта бобов при самоопылении растения, выращенного из светлого пятнистого семени, получено: 1/4 – темных пятнистых семян, 1/2 – светлых пятнистых и 1/4 – семян без пятен. Какое потомство получится от скрещивания растения с темными пятнистыми семенами с растением, имеющим семена без пятен?
Решение

1. Наличие расщепления в потомстве указывает на то, что исходное растение было гетерозиготно.
2. Присутствие у потомков трех классов фенотипов позволяет предположить, что в данном случае имеет место кодоминирование. Расщепление по фенотипу в соотношении 1:2:1 подтверждает это предположение.
3. При скрещивании растения с темными пятнистыми семенами с растением без пятен (обе формы гомозиготны) все потомство будет единообразным и будет иметь светлые пятнистые семена.

Ответ
При скрещивании растения с темными пятнистыми семенами с растением без пятен (обе формы гомозиготны) все потомство будет единообразным и будет иметь светлые пятнистые семена.
Задача 3-7
У коров гены красной (R) и белой (r) окраски кодоминантны друг другу. Гетерозиготные особи (Rr) – чалые. Фермер купил стадо чалых коров и решил оставлять себе только их, а красных и белых продавать. Быка какой масти он должен купить, чтобы продать возможно больше телят?
Задача 3-8
От скрещивания между собой растений редиса с овальными корнеплодами получено 68 растений с круглыми, 138 – с овальными и 71 – с длинными корнеплодами. Как осуществляется наследование формы корнеплода у редиса? Какое потомство получится от скрещивания растений с овальными и круглыми корнеплодами?
Задача 3-9
При скрещивании между собой земляники с розовыми плодами в потомстве оказалось 25% особей, дающих белые плоды, и 25% растений с красными плодами. Остальные растения имели розовые плоды. Объясните полученные результаты. Каков генотип рассмотренных особей?

2. Наследование по типу множественных аллелей

По такому типу осуществляется, например, **наследование групп крови** системы AB0. Наличие той или иной группы крови определяется парой генов (точнее, локусов), каждый из которых может находиться в трех состояниях (J^A, J^B или j^0). Генотипы и фенотипы лиц с разными группами крови приведены в таблице 1.
Таблица 1. Наследование групп крови системы AB0

Группа	**Генотип**
I (0)	j^0j^0
II (A)	J^AJ^A, J^AJ^0

III (B) J^BJ^B, J^Bj^0

IV (AB) J^AJ^B

Задача 3-10

У мальчика I группа, у его сестры – IV. Что можно сказать о группах крови их родителей?

Решение

1. Генотип мальчика – j^0j^0, следовательно, каждый из его родителей несет ген j^0.
2. Генотип его сестры – J^AJ^B, значит, один из ее родителей несет ген J^A, и его генотип – J^Aj^0 (II группа), а другой родитель имеет ген J^B, и его генотип J^Bj^0 (III группа крови).

Ответ

У родителей II и III группы крови.

Задача 3-11

У отца IV группа крови, у матери – I. Может ли ребенок унаследовать группу крови своего отца?

Задача 3-12

Родители имеют II и III группы крови. Какие группы следует ожидать у потомства?

Задача 3-13

В родильном доме перепутали двух детей. Первая пара родителей имеет I и II группы крови, вторая пара – II и IV. Один ребенок имеет II группу, а второй – I группу. Определить родителей обоих детей.

Решение

Первая пара родителей

У одного родителя – I группа крови – генотип j^0j^0. У второго родителя – II группа крови. Ей может соответствовать генотип J^AJ^A или J^Aj^0. Поэтому возможны два варианта потомства:

P ♀J^Aj^0 II группа × ♂j^0j^0 I группа или ♀J^AJ^A II группа × ♂j^0j^0 I группа

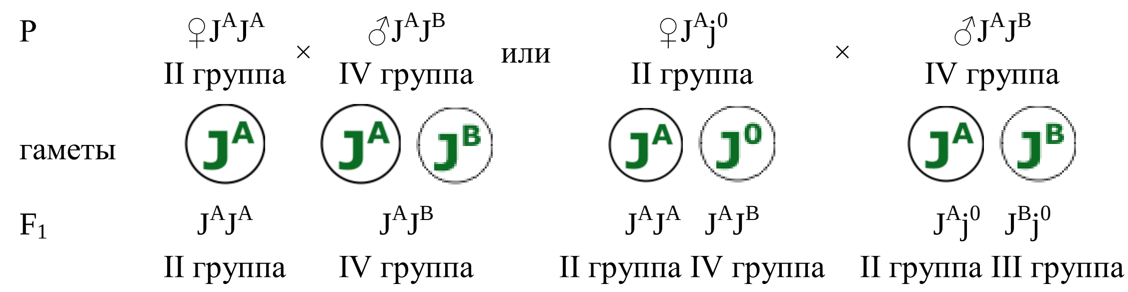
гаметы J^A J^0 J^0 J^A J^0

F_1 J^Aj^0 II группа j^0j^0 I группа J^Aj^0 II группа

Первая пара может быть родителями и первого, и второго ребенка.

Вторая пара родителей

У одного родителя II группа (J^AJ^A или J^Aj^0). У второго – IV группа (J^AJ^B). При этом также возможны два варианта потомства:



Вторая пара не может являться родителями второго ребенка (с I группой крови).

Ответ

Первая пара – родители второго ребенка. Вторая пара – родители первого ребенка.

Задача 3-14

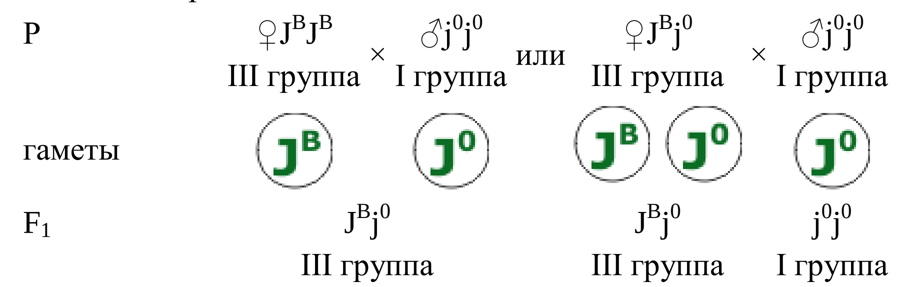
Женщина с III группой крови возбудила дело о взыскании алиментов с мужчины, имеющего I группу, утверждая, что он отец ребенка. У ребенка I группа. Какое решение должен вынести суд?

Решение

1. Генотип женщины – J^BJ^B или J^Bj^0.

2. Генотип мужчины – j^0j^0.

В этом случае возможны два варианта:



Ответ

Суд вынесет следующее решение: мужчина может являться отцом ребенка, так же, как и любой другой человек с такой же группой крови.

Задача 3-15

В каких случаях судебная экспертиза может дать однозначный ответ об отцовстве ребенка?

3. Наследование других признаков, осуществляющееся по типу множественных аллелей

Задача 3-16

У кроликов аллели дикой окраски C, гималайской окраски C' и альбинизма C'' составляют серию множественных аллелей, доминирующих в нисходящем порядке (т.е. аллель C доминирует над двумя другими, а аллель C' доминирует над аллелем C''). Какие следует провести скрещивания, чтобы определить генотип кролика с диким видом окраски?

Задача 3-17

У кроликов аллели дикой окраски C, гималайской окраски C' и альбинизма C'' составляют серию множественных аллелей, доминирующих в нисходящем порядке (т.е. аллель C доминирует над двумя другими, а аллель C' доминирует над аллелем C''). При скрещивании двух гималайских кроликов получено потомство, 3/4 которого составляли гималайские кролики и 1/4 – кролики-альбиносы. Определить генотипы родителей.

Задача 3-18

У кошек имеется серия множественных аллелей по гену C, определяющих окраску шерсти: C – дикий тип, C' – сиамские кошки, C'' – альбиносы. Каждая из аллелей полно доминирует над следующей (C > C' > C''). От скрещивания серой кошки с сиамским котом родились два котенка – сиамский и альбинос. Какие еще котята могли бы родиться при этом скрещивании?

Ответы и решения к задачам главы III

3-1. 50% растений будут иметь красные плоды, 50% – розовые плоды.

3-2. Скрещивались растения с генотипом Aa (розовые цветы) и с генотипом aa (белые цветы).

3-3. 25% растений будут иметь нормальную форму чашечки, 25% – листовидную, 50% – промежуточную.

3-4. а) В потомстве будет 25% белых, 50% кохинуровых и 25% темных норок.

б) В потомстве будет 50% белых и 50% кохинуровых норок.

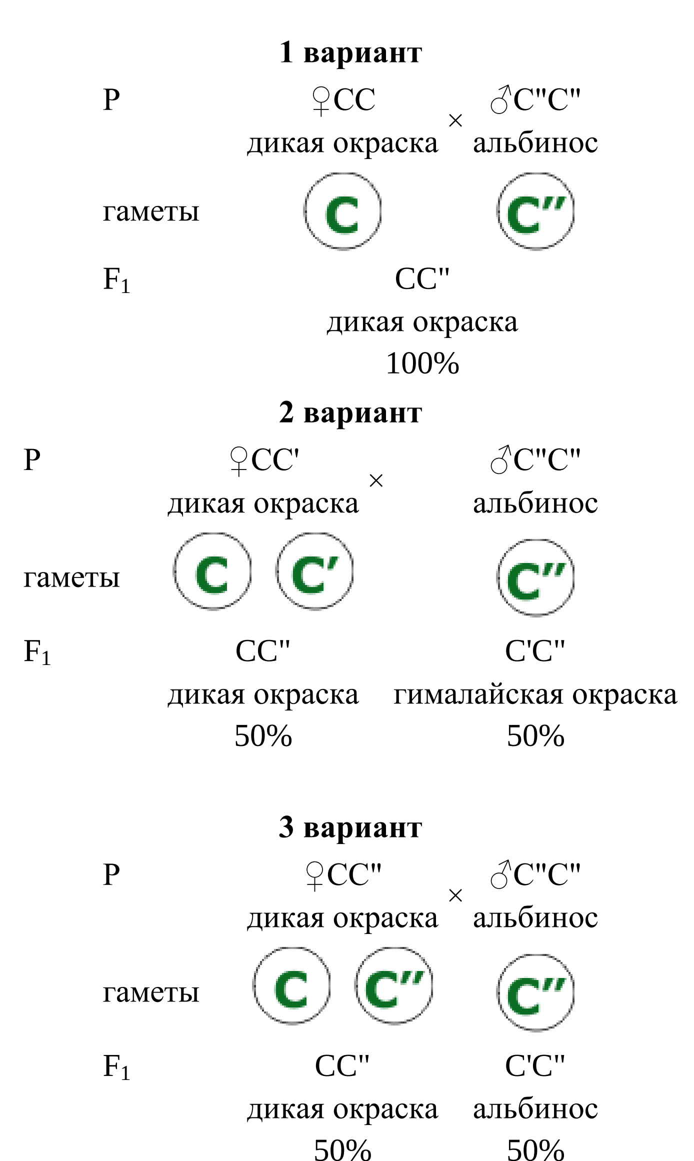
3-5. Ни один из признаков не доминирует. Наследование осуществляется по кодоминантному типу.

3-6. При скрещивании растения с темными пятнистыми семенами с растением без пятен (обе формы гомозиготны) все потомство будет единообразно и будет иметь светлые пятнистые семена.

3-7. Чалые коровы, имеющиеся у фермера, гетерозиготны по условию задачи. Анализ трех вариантов скрещивания (RR×Rr; Rr'×rr и Rr×Rr) показывает, что в любом случае получится 50% чалых особей. Поэтому он может купить быка любой масти.

3-8. Наследование осуществляется по типу неполного доминирования. Получится 50% растений с овальными и 50% – с круглыми корнеплодами.

3-9. 1) В потомстве розовых особей наблюдается расщепление, следовательно, скрещивались гетерозиготы.
2) В F_1 имеется три класса фенотипов в пропорции 1:2:1, то есть расщепление по фенотипу и генотипу совпадает, как это имеет место при неполном доминировании.
3-10. У родителей II и III группы крови.
3-11. Не может. При данном браке у ребенка может быть или вторая (J^Aj^0), или третья (J^Bj^0) группа крови.
3-12. Задача имеет четыре варианта решения. У ребенка может быть любая группа крови.
3-13. Первая пара – родители второго ребенка. Вторая пара – родители первого ребенка.
3-14. Суд вынесет следующее решение: мужчина может являться отцом ребенка, так же, как и любой другой человек с такой же группой крови.
3-15. Задача имеет много вариантов решения. Приводятся некоторые из них:
1) У двух родителей с I группой крови может быть ребенок только с I группой.
2) От брака человека с IV группой крови с лицом, имеющим любую группу, не может родиться ребенок с I группой.
3) От брака людей, имеющих I и II группы крови, не может родиться ребенок с III или IV группами крови.
3-16. Возможные генотипы кролика дикого типа – СС, СС' или СС". Для выяснения его генотипа надо провести серию скрещиваний с особями, имеющими максимально рецессивный генотип. Таковыми являются кролики-альбиносы (С"С"). Тогда:
Схемы скрещивания:



3-17. Генотип родителей – C'C".
3-18. У этой пары животных возможно рождение котят дикого типа (50%), сиамских (25%) и альбиносов (25%).

Глава IV. Независимое наследование

Наследование признаков, которые кодируются генами, локализованными в разных парах хромосом, осуществляется **независимо** друг от друга. Перед разбором задач этого типа следует вспомнить распределение хромосом при мейозе, в результате которого в каждую гамету попадает гаплоидный набор хромосом или только одна хромосома из каждой пары.

Темы главы IV

1. Дигибридное скрещивание

Дигибридным называется **скрещивание**, при котором рассматривается наследование двух альтернативных признаков, кодируемых генами, расположенными в разных парах гомологичных хромосом.

Согласно **третьему закону Менделя**, при **дигибридном скрещивании** наследование обоих признаков осуществляется независимо друг от друга, а в потомстве дигетерозигот наблюдается расщепление по фенотипу в пропорции 9:3:3:1 (9 A*B*, 3 aaB*, 3 A*bb, 1 aabb, где * в данном случае обозначает, что ген может находиться либо в доминантном, либо в рецессивном состоянии). По генотипу расщепление будет осуществляться в соотношении 4:2:2:2:2:1:1:1:1 (4 AaBb, 2 AABb, 2 AaBB, 2 Aabb, 2 aaBb, 1 AAbb, 1 AABB, 1 aaBB, 1 aabb).

Для определения фенотипов и генотипов потомства при **дигибридном скрещивании** удобно пользоваться **решеткой Пеннета**, для построения которой по вертикальной оси следует отметить гаметы одного родительского организма, а по горизонтальной – другого. В месте пересечения вертикалей и горизонталей записываются генотипы дочерних организмов.

Решетка Пеннета

A – желтая окраска семян (ж),
a – зеленая окраска семян (з),
B – гладкая поверхность семян (г),
b – морщинистая поверхность семян (м).

Гаметы: ♂ ♀	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB ж. г.	AABb ж. г.	AaBB ж. г.	AaBb ж. г.
Ab	AABb ж. г.	Aabb ж. м.	AaBb ж. г.	Aabb ж. м.
aB	AaBB ж. г.	AaBb ж. г.	aaBB з. г.	aaBb з. г.
ab	AaBb ж. г.	Aabb з. м.	aaBb з. г.	aabb з. м.

9 A*B* – желтая гладкая
3 A*bb – желтая морщинистая
3 aaB* – зеленая гладкая
1 aabb – зеленая морщинистая
Тот факт, что признаки наследуются независимо друг от друга, значительно упрощает **решение задач на дигибридное скрещивание**. Оно сводится к тому, чтобы абстрагироваться от второго признака и два раза решить задачу на моногибридное скрещивание.

2. Задачи, иллюстрирующие закон независимого наследования

Для решения задач этого типа необходимо знать третий закон Менделя, уметь определять типы гамет и строить решетку Пеннета.

Задача 4-1

Написать возможные типы гамет, продуцируемых организмами со следующими генотипами: AABB, CcDD, EeFf, gghh (гены наследуются независимо).

Задача 4-2

У морских свинок ген черной окраски шерсти W доминирует над аллелем w, обуславливающим белую окраску. Короткошерстность определяется доминантным геном L, а длинношерстность его рецессивным аллелем l. Гены окраски и длины шерсти наследуются независимо. Гомозиготное черное короткошерстное животное было скрещено с гомозиготным белым длинношерстным. Какое потомство получится от возвратного скрещивания свинок из F_1 с родительской особью?

Задача 4-3

Чистопородного черного комолого быка (доминантные признаки, которые наследуются независимо) скрестили с красными рогатыми коровами. Какими будут гибриды? Каким окажется следующее поколение от скрещивания гибридов между собой?

Задача 4-4

У дрозофилы серая окраска тела и наличие щетинок – доминантные признаки, которые наследуются независимо. Какое потомство следует ожидать от скрещивания желтой самки без щетинок с гетерозиготным по обоим признакам самцом?

3. Выяснение генотипов особей

Решение задач на выяснение **генотипа при дигибридном скрещивании** сводится к тому, чтобы проанализировать наследование каждого признака независимо от другого.

Задача 4-5

У человека альбинизм и способность преимущественно владеть левой рукой – рецессивные признаки, наследующиеся независимо. Каковы генотипы родителей с нормальной пигментацией и владеющих правой рукой, если у них родился ребенок альбинос и левша?

Решение

Для решения задачи можно абстрагироваться от одной пары признаков и рассматривать только другую:

I. Пигментация

A – нормальная пигментация, a – альбинизм.

1. Ребенок является альбиносом (рецессивный признак), следовательно, его генотип по этому признаку – aa.
2. Каждый из родителей имеет нормальную пигментацию, значит, оба они несут доминантный ген A. Поскольку у них есть ребенок с генотипом aa, то каждый из них должен нести также рецессивный ген a. Следовательно, генотип родителей по гену пигментации – Aa.

II. Владение правой рукой

B – праворукость, b – леворукость.

1. Ребенок левша (рецессивный признак), следовательно, его генотип – bb.

2. Родители являются правшами, значит, каждый из них несет доминантный ген B. Их ребенок левша (bb), поэтому каждый из родителей несет рецессивный ген b. Генотип родителей по этой паре генов – Bb.

   Следовательно: генотип матери – AaBb; генотип отца – AaBb; генотип ребенка – aabb.

   Схема брака

P	♀AaBb норм. пигмент., правша	×	♂AaBb норм. пигмент., правша
гаметы	AB Ab aB ab		AB Ab aB ab
F_1		aabb альбинос, левша	

Ответ

Родители гетерозиготны по каждой паре признаков и их генотип – AaBb.

Задача 4-6

У голубоглазой близорукой женщины от брака с кареглазым мужчиной с нормальным зрением родилась кареглазая близорукая девочка и голубоглазый с нормальным зрением мальчик. Ген близорукости (B) доминантен по отношению к гену нормального зрения (b), а ген кареглазости (C) доминирует над геном голубоглазости (c). Какова вероятность рождения в этой семье кареглазого с нормальным зрением ребенка?

Задача 4-7

У человека праворукость доминирует над леворукостью, кареглазость над голубоглазостью. Голубоглазый правша женился на кареглазой правше. У них родилось двое детей – кареглазый левша и голубоглазый правша. От второго брака этого же мужчины с кареглазой правшой родилось девять кареглазых детей, оказавшихся правшами. Определить генотипы мужчины и обеих женщин.

Решение

I. Первый брак

1. Мужчина гомозиготен по гену окраски глаз (aa), так как проявляет рецессивный признак и имеет ген B (праворукость).
2. Женщина несет доминантные гены A и B.
3. Поскольку в потомстве обоих родителей есть ребенок-левша (рецессивен и, следовательно, гомозиготен по гену b), то каждый родитель должен иметь ген b.
4. Точно так же мать должна нести рецессивный ген a, так как один из ее детей несет рецессивный признак и имеет генотип aa.
5. Следовательно, генотип мужчины – aaBb, а его первой жены – AaBb.

II. Второй брак

1. Женщина имеет в генотипе доминантные гены A и B.
2. Поскольку все ее потомство (9 детей) единообразно, то весьма возможно, что она гомозиготна по этим генам, и ее генотип – AABB, но точно это утверждать нельзя.

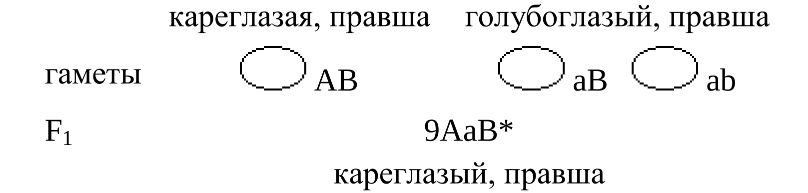
   A – карие глаза, B – праворукость, a – голубые глаза, b – леворукость.

   Схема первого брака

P	♀AaBb кареглазая, правша	×	♂aaBb голубоглазый, правша
гаметы	AB Ab aB ab		aB ab
F_1	Aabb кареглазый, левша		aaB* голубоглазый, правша

   Схема второго брака

P ♀AABB × ♂aaBb



Ответ

Генотип мужчины – aaBb, его первой жены – AaBb, второй – (возможно) AABB.

Задача 4-8

У голубоглазого темноволосого отца и кареглазой светловолосой матери четверо детей, каждый из которых отличается от другого по одному из данных признаков. Каковы генотипы родителей?

Решение

1. По каждому из признаков в потомстве происходит расщепление, следовательно, организмы, проявляющие доминантный признак, гетерозиготны по генам, кодирующим его. Поэтому генотип матери – Aabb, а отца – aaBb.
2. Отец и мать продуцируют по два типа гамет, которые дают 4 варианта сочетаний.
3. Следовательно, генотип детей аавв, aaBb, Aabb, AaBb.

Ответ

Генотип отца – aaBb, матери – Aabb.

Задача 4-9

Тыкву, имеющую желтые плоды дисковидной формы, скрестили с тыквой, у которой были белые шаровидные плоды. Все гибриды от этого скрещивания имели белую окраску и дисковидную форму плодов. Какие признаки доминируют? Каковы генотипы родителей и потомства?

Задача 4-10

У собак черный цвет шерсти доминирует над кофейным, а короткая шерсть над длинной. Обе пары генов находятся в разных хромосомах. Охотник купил черную, с короткой шерстью собаку и хочет быть уверен, что его собака чистопородна. Какого партнера по скрещиванию ему нужно подобрать, чтобы убедиться в чистоте породы?

4. Определение генотипа организма по соотношению фенотипических классов в потомстве

Для выяснения **генотипов** по расщеплению в потомстве следует учитывать, что при скрещивании двух дигетерозигот в потомстве наблюдается расщепление по фенотипу в соотношении 9:3:3:1, а для каждого отдельно взятого признака соотношение фенотипов составляет 3:1. При спаривании гомозигот для каждого признака соблюдается закон единообразия. При анализирующем скрещивании дигетерозигот в потомстве присутствуют четыре класса фенотипов в равных количествах, а соотношение фенотипов по каждому признаку составляет 1:1.

Задача 4-11

У фигурной тыквы белая окраска плода (W) доминирует над желтой (w), а дисковидная форма (D) над шаровидной (d). Тыкву с белыми дисковидными плодами скрестили с тыквой, у которой плоды были белыми и шаровидными. В потомстве оказалось:

3/8 белых дисковидных,

3/8 белых шаровидных, 1/8 желтых дисковидных,

1/8 желтых шаровидных.

Определить генотипы родителей и потомства.

Решение

Для решения данной задачи можно рассматривать каждый признак в отдельности. Тогда:

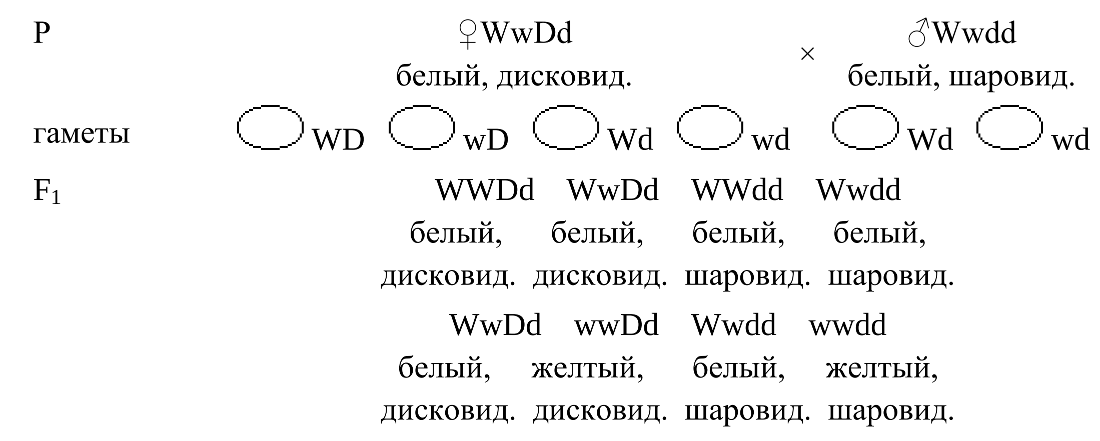
1. расщепление по цвету 3:1, следовательно, оба растения были гетерозиготны (Ww);

2. расщепление по форме 1:1, следовательно, скрещивалась гетерозиготная особь (Dd) с гомозиготной по рецессиву (dd).

Действительно, одно из родительских растений несло рецессивный признак (шаровидная форма плодов).

Таким образом, генотип первой особи – WwDd; генотип второй – Wwdd. Анализ скрещивания подтверждает решение и позволяет выявить генотипы потомства.

Схема скрещивания



Задача 4-12

У кур гороховидный гребень доминирует над листовидным, а оперенные ноги над голыми. От группы генетически однородных кур с листовидными гребнями и оперенными ногами при скрещивании с петухом, имеющим гороховидный гребень и голые ноги, получено следующее потомство: с гороховидным гребнем и оперенными ногами – 59, с гороховидным гребнем и голыми ногами – 72, с листовидным гребнем и оперенными ногами – 63, с листовидным гребнем и голыми ногами – 66. Установить генотипы родителей и потомков.

Задача 4-13

У дрозофил серая окраска тела доминирует над черной, а нормальная форма крыльев над скрученной. При скрещивании между собой серых мух с нормальными и скрученными крыльями одна четверть потомства имела черное тело. Примерно у половины всех дочерних особей крылья были нормальные, а у половины – скрученные. Каковы генотипы родителей?

Задача 4-14

У свиней белая щетина доминирует над черной, а наличие сережек – над их отсутствием. Определить генотип белого хряка с сережками:

а) если при спаривании его с любыми свиноматками рождается белое потомство с сережками;

б) если при спаривании другого такого хряка с черными свиноматками без сережек рождается 50% белых поросят с сережками и 50% черных поросят с сережками.

Задача 4-15

У пшеницы безостность (А) доминирует над остистостью (а), а красная окраска колоса (В) над белой (b). Растения безостного красноколосного сорта при скрещивании с пшеницей остистого белоколосного сорта дали:

1/4 безостных красноколосных,

1/4 безостных белоколосных,

1/4 остистых красноколосных,

1/4 остистых белоколосных.

Определить генотипы исходных растений. Соответствует ли данное скрещивание анализируемому?

Задача 4-16

У фигурной тыквы белая окраска плодов (W) доминирует над желтой (w), а дисковидная форма плодов (D) над шаровидной (d). От скрещивания двух растений с белыми дисковидными плодами полу-

чено 11 растений с желтыми дисковидными и 36 с белыми дисковидными плодами. Определить наиболее вероятный генотип исходных растений.

Задача 4-17

У дурмана пурпурная окраска цветков доминирует над белой, колючие семенные коробочки над гладкими. От скрещивания дурмана с пурпурными цветками и гладкими коробочками с растением, имеющим белые цветки и колючие коробочки, получено 320 растений с пурпурными цветками и колючими коробочками и 423 – с пурпурными цветками и гладкими коробочками. Каковы генотипы исходных организмов и потомства?

Задача 4-18

У кур черный цвет оперения доминирует над красным, наличие гребня – над его отсутствием. Гены, кодирующие эти признаки, располагаются в разных парах хромосом. Красный петух, имеющий гребень, скрещивается с черной курицей без гребня. Получено многочисленное потомство, половина которого имеет черное оперение и гребень, а половина – красное оперение и гребень. Каковы наиболее вероятные генотипы родителей?

Задача 4-19

Нормальный рост у овса доминирует над гигантизмом, раннеспелость – над позднеспелостью. Гены обоих признаков расположены в разных аутосомах. От скрещивания раннеспелых растений нормального роста между собой получили 22372 растения. Из них гигантских оказалось 5593, и столько же позднеспелых. Определить, сколько было получено растений, одновременно имеющих признаки позднего созревания и гигантского роста.

Решение

По полученным соотношениям произошло расщепление:

по росту – 5593:16779 (22372 – 5593),

по сроку созревания – 5593:16779 (22372 – 5593),

то есть по обоим признакам произошло расщепление в пропорции 1:3, следовательно, скрещивались особи гетерозиготные по обеим парам генов. При дигибридном скрещивании дигетерозигот количество особей с двумя рецессивными признаками равно 1/16.

Значит, количество позднеспелых гигантских растений равно 22372/16, это примерно 1398 (методическая ошибка авторов задачи в том, что приводятся очень точные цифры, а законы Менделя носят статистический характер).

Задача 4-20

Плоды томата бывают красные и желтые, гладкие и пушистые. Ген красного цвета – доминантный, ген пушистости – рецессивный. Обе пары находятся в разных хромосомах. Из собранного в колхозе урожая помидоров оказалось 36 т гладких красных и 12 т красных пушистых. Сколько в колхозном урожае будет желтых пушистых помидоров, если исходный материал был гетерозиготным по обоим признакам?

Задача 4-21

У флоксов белая окраска цветов определяется геном W, кремовая – w; плоский венчик – S, воронковидный – s. Растение флокса с белыми воронковидными цветами скрещено с растениями, имеющими кремовые плоские цветы. Из 76 потомков 37 имеют белые плоские цветки, 39 – кремовые плоские. Определить генотипы исходных растений.

Задача 4-22

У томатов пурпурная окраска стебля доминирует над зеленой. Рассеченные листья контролируются доминантным геном, а цельнокрайные – рецессивным. При скрещивании двух сортов томата, один из которых имел пурпурный стебель и рассеченный лист, другой – зеленый стебель и рассеченный лист, было получено следующее потомство:

а) 350 растений с пурпурным стеблем и рассеченным листом;

б) 112 – с пурпурным стеблем и цельнокрайным листом;

в) 340 – с зеленым стеблем и рассеченным листом;
г) 115 – с зеленым стеблем и цельнокрайным листом.
Каковы наиболее вероятные генотипы родительских растений?

5. Определение вероятности появления потомства с анализируемыми признаками

Для оценки **вероятности появления** особей с искомым **фенотипом или генотипом** следует пользоваться той же формулой, что и при моногибридном скрещивании.

Задача 4-23

Глухота и болезнь Вильсона (нарушение обмена меди) – рецессивные признаки. От брака глухого мужчины и женщины с болезнью Вильсона родился ребенок с обеими аномалиями. Какова вероятность рождения в этой семье здорового ребенка?

Решение

A – нормальный слух, a – глухота, B – нормальный обмен меди, b – болезнь Вильсона.

1. Ребенок болеет глухонемотой и болезнью Вильсона (рецессивные признаки), значит, его генотип – aabb.
2. Мужчина глухой, следовательно, он гомозиготен по рецессивному признаку глухоты (aa). Он не страдает болезнью Вильсона, значит, имеет доминантный ген B. Мужчина должен иметь также рецессивный ген b, так как у него есть ребенок с этим заболеванием. Следовательно, генотип мужчины – aaBb.
3. Женщина страдает болезнью Вильсона, значит, она гомозиготна по рецессивному гену b. Она имеет нормальный слух (ген A), но у нее есть ребенок с глухонемотой (гомозиготный по рецессивному гену a). Поэтому генотип женщины – Aabb.

Схема брака

P	♀Aabb нормальный слух, б. Вильсона	×	♂aaBb глухота, нормальный обмен	
гаметы	Ab	ab	aB	ab
F_1	AaBb здоров 25%	Aabb б. Вильсона 25%	aaBb глухота 25%	aabb глухота, б. Вильсона 25%

4. Вероятность рождения здорового ребенка определяется по формуле (1) и равна отношению числа ожидаемых событий (рождение здорового ребенка – 1) к числу всех возможных событий (4), в данном случае она равна 1/4 (25%).

Ответ

Вероятность рождения здорового ребенка – 1/4 (25%).

Задача 4-24

Полидактилия (многопалость) и отсутствие малых коренных зубов передаются как доминантные аутосомные признаки. Гены этих признаков находятся в разных парах хромосом. Какова вероятность рождения детей без аномалий в семье, где оба родителя страдают данными заболеваниями и гетерозиготны по этим парам генов?

Задача 4-25

У человека брахидактилия (укорочение пальцев) – доминантный признак, а альбинизм – рецессивный. Какова вероятность рождения ребенка с двумя аномалиями у гетерозиготных по обоим признакам родителей?

Задача 4-26
Глаукома (заболевание глаз) имеет две формы. Одна форма определяется доминантным геном, а другая – рецессивным. Гены расположены в разных хромосомах. Какова вероятность рождения больного ребенка в семье:
а) где оба супруга страдают разными формами глаукомы и гомозиготны по обеим парам генов;
б) где оба супруга гетерозиготны по обеим парам генов?
Задача 4-27
Определить вероятность рождения голубоглазых детей с ретинобластомой (опухолью глаз) от брака гетерозиготных по обоим признакам родителей. Карий цвет глаз и ретинобластома определяются доминантными генами и наследуются независимо.
Задача 4-28
Темноволосый (доминантный признак), не имеющий веснушек мужчина женился на светловолосой женщине с веснушками (доминантный признак). У них родился светловолосый сын без веснушек. Определить вероятность рождения у них темноволосого ребенка с веснушками.
Задача 4-29
Некоторые формы катаракты и глухонемоты наследуются независимо по аутосомно-рецессивному типу. Какова вероятность рождения ребенка с двумя аномалиями, если один родитель глухой, а другой болен катарактой?
Задача 4-30
У человека глухонемота наследуется как аутосомно-рецессивный признак. Доминантный ген предрасположенности к подагре находится в другой паре аутосом. Каковы возможные генотипы и фенотипы детей от брака глухонемой женщины, не страдающей подагрой, и мужчины с нормальным слухом, больного подагрой (гомозиготного по этим признакам)?

6. Выяснение доминантности или рецессивности признаков

При дигибридном скрещивании определение того, какой признак является **доминанатным**, а какой **рецессивным**, осуществляется так же, как и при моногибридном наследовании.
Задача 4-31
При скрещивании между собой серых мух с нормальными крыльями 25% потомства имело черное тело. Примерно у 25% всех дочерних особей крылья были зачаточной формы. Какие признаки доминируют? Каковы генотипы родителей?
Решение
1. В потомстве наблюдалось расщепление по обоим признакам, следовательно, скрещивались гетерозиготные особи. Гетерозиготы несут доминантные признаки, значит, таковыми являются серая окраска тела и нормальная форма крыльев.
2. Расщепление в пропорции 3:1 по каждому признаку указывает на то, что скрещивались две дигетерозиготные особи с генотипом AaBb.

Ответ
Генотип обоих родителей – AaBb. Доминантными признаками являются серый цвет тела и нормальная форма крыльев.
Задача 4-32
При скрещивании растений флокса с белыми блюдцеобразными и кремовыми воронкообразными цветками все потомство имело белые блюдцеобразные цветки. При скрещивании полученных гибридов между собой было получено 726 растений, имеющих белые блюдцеобразные цветы, 238 – белые воронковидные, 245 – кремовые блюдцеобразные и 83 – кремовые воронковидные. Как наследуются признаки окраски и формы цветов у флокса? Каковы генотипы исходных растений?
Задача 4-33
Скрещивались две породы тутового шелкопряда, которые отличались следующими двумя признаками: полосатые гусеницы, плетущие белые коконы, и одноцветные гусеницы, плетущие желтые коко-

ны. В первом поколении F_1 все гусеницы были полосатые и плетущие желтые коконы. Во втором поколении F_2 наблюдалось следующее расщепление:
6205 – полосатые гусеницы, плетущие желтые коконы,
2137 – полосатые гусеницы с белыми коконами,
2087 – одноцветные с желтыми коконами,
693 – одноцветные с белыми коконами.
Определить генотипы исходных форм и потомства F_1 и F_2.
Задача 4-34
Потомство (F_2), полученное в результате спаривания гомозиготных серых жеребцов с каштанами на ногах и гомозиготных вороных кобыл без каштанов, имеет серую масть без каштанов на ногах. Определить фенотипы потомства, полученного при спаривания жеребца из F_1 с вороной кобылой с каштанами.

7. Независимое наследование при неполном доминировании

Если обе пары генов наследуются по типу **неполного доминирования**, то расщепление по фенотипу и генотипу будет совпадать друг с другом. Если **неполное доминирование** осуществляется по одной паре генов, то совпадение генотипов или фенотипов будет происходить только по ней.
Задача 4-35
У кур ген гороховидного гребня (A) доминирует над геном простого гребня (a), а по генам черной (B) и белой (b) окраски наблюдается неполное доминирование: особи с генотипом Bb имеют голубую окраску. Если скрещивать птиц, гетерозиготных по обеим парам генов, то какая доля потомков будет иметь:
а) простой гребень;
б) голубую окраску;
в) простой гребень и голубую окраску;
г) белую окраску и гороховидный гребень?
Решение
Поскольку каждый из признаков наследуется независимо друг от друга, то кур с простым гребнем будет 1/4, кур с голубой окраской – 1/2.
Выяснение количества особей с двумя признаками сводится к построению решетки Пеннета, из которой видно следующее:
1/8 потомства будет иметь генотип aaBb (простой гребень, голубая окраска);
3/16 потомства будет иметь генотип AAbb и Aabb (гороховидный гребень, белая окраска).
Ответ
Кур с простым гребнем будет 1/4, с голубой окраской – 1/2, с простым гребнем и голубой окраской – 1/8, с гороховидным гребнем и белой окраской – 3/16.
Задача 4-36
Какое расщепление по фенотипу будет наблюдаться при скрещивании двух дигетерозигот, если:
а) оба гена не полностью доминируют над своим аллелем;
б) доминирование по одной паре генов полное, а по другой – неполное?
Задача 4-37
У львиного зева окраска цветка контролируется одной парой генов с неполным доминированием, а ширина листа – другой парой генов с неполным доминированием. Обе пары генов наследуются независимо. Какое соотношение генотипов и фенотипов получится в потомстве от скрещивания растений с красными цветками и средними листьями и с розовыми цветками и узкими листьями?
Задача 4-38
У львиного зева красная окраска цветка неполно доминирует над белой. Гибридное растение имеет розовую окраску. Нормальная форма цветка полностью доминирует над пилорической. Какое потомство получится от скрещивания двух дигетерозиготных растений?

Задача 4-39
У шортгорнской породы скота цвет шерсти наследуется по промежуточному типу: ген R обусловливает красную масть, ген r – белую; генотипы Rr имеют чалую шерсть. Комолость (P) доминирует над рогатостью (p). Белая рогатая корова скрещена с гомозиготным красным рогатым быком. Какой фенотип и генотип будет иметь их потомство F_1 и F_2?
Задача 4-40
У львиного зева красная окраска цветка неполно доминирует над белой. Гибридное растение имеет розовую окраску. Узкие листья частично доминируют над широкими (у гибридов листья имеют среднюю ширину). Какое потомство получится от скрещивания растения с красными цветами и средними листьями с растением, имеющим розовые цветки и средние листья?
Задача 4-41
У крупного рогатого скота комолость доминирует над рогатостью, а окраска контролируется парой генов с неполным доминированием – гомозиготные животные имеют красную или белую масть, а гетерозиготные – чалую. Скрещивание комолого чалого быка с рогатой белой коровой дало рогатую чалую телку. Каковы генотипы всех этих животных?

8. Полигибридное скрещивание

Так же, как и в случае дигибридного скрещивания, решение задач по выяснению фенотипов и определению вероятности рождения потомков с теми или иными признаками можно значительно облегчить, если последовательно рассматривать наследование каждого отдельного признака, абстрагировавшись от остальных.
Задача 4-42
Написать типы гамет, образующихся у организма с генотипом AaBbCc. Гены A, B и C наследуются независимо.
Решение
Для написания вариантов гамет лучше использовать запись в хромосомной форме, тогда можно мысленно последовательно вращать хромосомы относительно друг друга и после этого записывать гены, попавшие в верхнюю и нижнюю часть. Все эти операции осуществляются мысленно, записывается только конечный результат.

а) A B C / a b c → ABC, abc
б) a B C / A b c → aBC, Abc
в) A b C / a B c → AbC, aBc
г) A B c / a b C → ABc, abC

Ответ
Тригетерозигота AaBbCc будет образовывать 8 типов гамет: ABC, abc, aBC, Abc, AbC, aBc, ABc и abC.
Задача 4-43
Организм имеет генотип AaBbCCddEE. Написать типы гамет, которые он образует, учитывая то, что каждая пара генов расположена в разных парах гомологичных хромосом.
Задача 4-44
У собак короткошерстность (L) доминирует над длинношерстностью (l), черная окраска (B) – над коричневой (b), отвислое ухо (H) – над стоячим (h). Определить, сколько гамет и каких типов образует:
а) короткошерстный черный кобель с отвислыми ушами, гетерозиготный по цвету и длине шерсти и гомозиготный по гену висячести ушей;
б) гетерозиготная по всем признакам сука.
Задача 4-45
Короткопалость, близорукость и альбинизм кодируются рецессивными генами, расположенными в разных хромосомах. Короткопалый, близорукий мужчина с нормальной пигментацией женился на

здоровой женщине-альбиноске. Их первый ребенок был короткопал, второй – близорук, третий – альбинос. Определить генотипы родителей и детей.

Решение

А – нормальная кисть, а – короткопалость,

В – нормальное зрение, b – близорукость,

С – нормальная пигментация, с – альбинизм.

1. Женщина – альбинос (рецессивный признак), значит, ее генотип по этой паре генов сс. Она имеет нормальную кисть и зрение, следовательно, у нее есть гены А и В. Двое ее детей гомозиготны по рецессивным генам а и b (имеют генотипы аа и bb). Следовательно, генотип женщины – АаВbсс.
2. Мужчина короткопал и близорук – aabb. У него нормальная пигментация, значит, он несет ген С. Один из его детей альбинос, следовательно, генотип мужчины – aabbCc.
3. Генотипы детей можно определить по генотипам родителей, каждый из которых несет одну из пар генов в рецессивном состоянии, поэтому все дети должны иметь минимум один рецессивный ген в каждой паре, их генотипы, соответственно: aaBbCc, AabbCc и AaBbcc.

Схема брака



Ответ

Генотип мужчины – aabbCc, женщины – AaBbcc, короткопалого ребенка – aaBbCc, близорукого – AabbCc, альбиноса – AaBbcc.

Задача 4-46

Карий цвет глаз, темные волосы и владение правой рукой – доминантные признаки, которые наследуются независимо. Отец – кареглазый темноволосый левша, мать – голубоглазая светловолосая правша. В семье имеются: сын – голубоглазый светловолосый левша, и дочь – кареглазая темноволосая правша. Определить генотипы всех членов семьи.

Задача 4-47

У кур оперенные ноги (F) доминируют над голыми (f), розовидный гребень (R) – над простым (r), белое оперение (I) – над окрашенным (i). Курица с оперенными ногами, розовидным гребнем и белым оперением скрещена с таким же петухом. Среди их потомства был цыпленок с голыми ногами, простым гребнем и окрашенными перьями. Определить генотипы родителей.

Ответы и решения к задачам главы IV

4-1. 1) AB (100%); 2) CD и cD (по 50%); 3) EF, eF, Ef и ef (по 25%); 4) gh (100%).

4-2. От скрещивания потомков F_1 с родительской особью, имеющей два доминантных признака, в F_2 получается единообразное по фенотипу потомство (черная короткая шерсть). От скрещивания потомков F_1 с другой родительской особью (wwll) получится:

25% свинок с черной короткой шерстью (WwLl),

25% свинок с черной длинной шерстью (Wwll),

25% свинок с белой короткой шерстью (wwLl),

25% свинок с белой длинной шерстью (wwll).

4-3. Все гибриды F_1 будут черными и комолыми. В F_2 будет наблюдаться расщепление по фенотипу в соотношении 9:3:3:1 (9 частей – черных комолых, 3 части – черных рогатых, 3 части – красных комолых и 1 часть – красных рогатых).
4-4. В потомстве будет наблюдаться расщепление в пропорции: 25% – серых с щетинками, 25% – серых без щетинок, 25% – желтых с щетинками, 25% – желтых без щетинок.
4-5. Родители гетерозиготны по каждой паре признаков и их генотип – AaBb.
4-6. Вероятность рождения в этой семье кареглазого ребенка с нормальным зрением равна 25%.
4-7. Генотип мужчины – aaBb, его первой жены – AaBb, второй, возможно, – AABB.
4-8. Генотип отца – aaBb, матери – Aabb.
4-9. Генотип исходных особей – aaBB и AAbb. Генотип потомства – AaBb.
4-10. Собака может иметь один из следующих генотипов: AABB, AaBB, AaBb, AABb. Для выяснения вопроса о том, какой генотип имеется у данного животного, его надо спарить с особью, имеющей оба гена в рецессивном состоянии (aabb), т.е. с собакой, у которой длинная шерсть кофейного цвета. Отсутствие в потомстве от такого скрещивания особей с одним или двумя рецессивными признаками будет свидетельствовать о чистоте породы.
4-11. Объяснение в тексте.
4-12. Генотип петуха – Aabb. Генотип кур – aaBb.
4-13. Генотип мух с серым телом и нормальными крыльями – AaBb. Генотип мух с серым телом и скрученными крыльями – Aabb.
4-14. а) AABB; б) AaBB.
4-15. Генотип безостной красноколосной пшеницы – AaBb, остистой белоколосной – aabb. Данное скрещивание соответствует анализируемому потому, что позволяет определить генотип организма с двумя доминантными признаками путем скрещивания его с особью, имеющей оба рецессивных признака.
4-16. WwDD и WwDD.
4-17. Генотип исходных растений – AAbb и aaBb. Генотип потомков – AaBb и Aabb.
4-18. Генотип петуха – aaBB, курицы – Aabb.
4-19. Количество позднеспелых гигантских растений равно 22372/16, то есть примерно 1398.
4-20. 4 т. Решение аналогично решению задачи 4-19.
4-21. Генотипы исходных растений – Wwss и wwSS.
4-22. Наиболее вероятные генотипы растений – AaBb и aaBb.
4-23. Вероятность рождения здорового ребенка – 1/4 (25%).
4-24. Вероятность рождения детей без аномалий равна 1/16.
4-25. Генотип родителей по условию задачи известен. Построив решетку Пеннета, можно убедиться, что вероятность рождения детей с двумя заболеваниями (генотип AAbb и Aabb) будет равна 3/16.
4-26. а) Вероятность рождения больного ребенка – 100%.
б) Вероятность рождения больного ребенка – 13/16.
4-27. Вероятность рождения голубоглазых детей с ретинобластомой равна 3/16.
4-28. Вероятность рождения темноволосого ребенка с веснушками равна 25%.
4-29. Задача имеет четыре варианта решения.
4-30. Все дети (100%) будут иметь генотип AaBb, нормальный слух и предрасположенность к подагре.
4-31. Генотип обоих родителей – aBb. Доминантными признаками являются серый цвет тела и нормальная форма крыльев.
4-32. Доминантными являются признаки белой окраски и блюдцеобразной формы цветков. Признаки наследуются независимо (в потомстве F_2 наблюдается расщепление в соотношении 9:3:3:1). Генотипы исходных форм – AABB и aabb.

4-33. Доминантными являются гены полосатой окраски гусениц и желтой окраски коконов. В соответствии с первым законом Менделя генотипы исходных форм (Р) – AABB и aabb, единообразного потомства F_1 – AaBb. В потомстве F_2 полосатые гусеницы с желтыми коконами имели генотипы AABB, AaBB, AABb и AaBb, полосатые с белыми коконами – AAbb и Aabb, одноцветные с желтыми коконами – aaBB и aaBb, одноцветные с белыми коконами – aabb. Расщепление по фенотипу в F_2, близкое к 9:3:3:1, подтверждает это предположение.
4-34. Доминантными являются признаки серой окраски тела и отсутствия каштанов. Генотип исходных животных – AAbb и aaBB, единообразного потомства F_1 – AaBb. От скрещивания такого потомка с вороными кобылами, имеющими каштаны (рецессивные признаки, генотип aabb), в равном соотношении будут получены жеребята с генотипами AaBb (серые без каштанов), AAbb (серые с каштанами), aaBb (вороные без каштанов) и aabb (вороные с каштанами).
4-35. Кур с простым гребнем будет 1/4, с голубой окраской – 1/2, с простым гребнем и голубой окраской – 1/8, с гороховидным гребнем и белой окраской – 3/16.
4-36. а) В потомстве будет наблюдаться расщепление и по фенотипу, и по генотипу в соотношении 4:2:2:2:2:1:1:1:1.
б) Расщепление по фенотипу будет осуществляться в пропорции 6:3:3:2:1:1.
4-37. В потомстве в равном соотношении будут встречаться растения с красными цветами и средними листьями (AABb), красными цветами и узкими листьями (AAbb), розовыми цветами и средними листьями (AaBb), розовыми цветами и узкими листьями (Aabb).
4-38. От скрещивания будет получено следующее потомство:
розовые цветы нормальной формы – 6/16,
красные цветы нормальной формы – 3/16,
белые цветы нормальной формы – 3/16,
розовые цветы пилорической формы – 2/16,
красные цветы пилорической формы – 1/16,
белые цветы пилорической формы – 1/16.
То есть расщепление по цвету будет осуществляться в соотношении 1:2:1, по форме – 3:1.
4-39. В F_1 все потомство будет иметь генотип Pprr (чалые, рогатые). В F_2 произойдет расщепление: 25% животных будут красными рогатыми (ppRR), 50% – чалыми рогатыми (ppRr), 25% – белыми рогатыми (pprr).
4-40. 25% растений будет иметь красные цветки и средние листья, 25% – розовые цветки и средние листья, по 12,5% будут иметь красные цветки и узкие листья, розовые цветки и узкие листья, розовые цветки и широкие листья, красные цветки и широкие листья.
4-41. Бык – AaBb, корова – aaBB, телка – aaBb.
4-42. Тригетерозигота AaBbCc будет образовывать 8 типов гамет: ABC, abc, aBC, Abc, AbC, aBc, ABc и abC.
4-43. ABCdE, AbCdE, aBCdE и abCdE.
4-44. а) 4 типа гамет: LBH, lbH, LbH и lBH.
б) 8 типов гамет: LBH, lbh, Lbh, lBH, LbH, lBh, LBh и lbH.
4-45. Генотип мужчины – aabbCc, женщины – AaBbcc, короткопалого ребенка – aaBbCc, близорукого – AabbCc, альбиноса – AaBbcc.
4-46. Генотип отца – AaBbcc, матери – aabbCc, сына – aabbcc, дочери – AaBbCc.
4-47. Генотип курицы – AaBbCc. Генотип петуха – AaBbCc.

Глава V. Взаимодействие неаллельных генов

Проявление одного признака может определяться двумя и более парами генов (**комплементарность и полимерное наследование**) и, наоборот, одна пара генов может влиять на проявление нескольких признаков (**множественное действие генов**). Кроме того, одни гены могут подавлять действие других (**эпистаз**). Все эти явления получили общее название **взаимодействие генов**.

При **взаимодействии двух пар генов** вероятность появления организмов каждого фенотипа определяется различными сочетаниями двух пар генов, участвующих в развитии признака. Так же, как и в случае дигибридного скрещивания, эти сочетания можно оценивать с помощью решетки Пеннета. В большинстве случаев различные соотношения фенотипов при скрещивании дигетерозигот образованы из соотношения 9:3:3:1 путем сложения отдельных элементов, например, расщепление 9:7 при комплементарном наследовании может быть представлено как 9:(3+3+1).

При решении задач такого типа следует обращать внимание на то, сколько классов фенотипов и в каком количественном соотношении образуется при скрещивании особей с различными генотипами.

Темы главы V

1. Комплементарность

Развитие признака может определяться не одной, а двумя или более парами неаллельных генов, располагающимися в разных хромосомах. Если хотя бы одна пара находится в гомозиготном рецессивном состоянии, то признак не развивается или отличен от доминантного.

С биохимической точки зрения зачастую это может быть связано с тем, что развитие признаков обычно представляет собой многостадийный процесс, каждый этап которого контролируется отдельным ферментом (информация о ферменте находится в определенном гене). Если хотя бы один ген находится в рецессивном состоянии, то синтезируется измененный фермент, реакция не идет, и конечный продукт не образуется:

ген	A	B	C	D	
фермент	E1	E2	E3	E4	
	↓	↓	↓	↓	
реакции	S1 →	S2 →	S3 →	S4 →	P (признак)

Расщепление при скрещивании дигетерозигот при **комплементарном наследовании** обычно бывает в пропорции 9:7, 9:3:4, или 9:3:3:1, 9:6:1 (часть особей с минимальным выражением признака 7/16, 4/16 и 1/16).

Задача 5-1

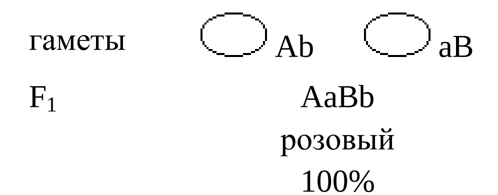
У душистого горошка окраска цветов проявляется только при наличии двух доминантных генов A и B. Если в генотипе имеется только один доминантный ген, то окраска не развивается. Какое потомство F_1 и F_2 получится от скрещивания растений с генотипами AAbb и aaBB?

Решение

1. Генотип исходных растений известен по условию задачи. Они гомозиготны и будут давать один тип гамет, которые можно объединить единственным образом. Потомство F_1 будет единообразно по генотипу (AaBb) и фенотипу (розовые цветы):

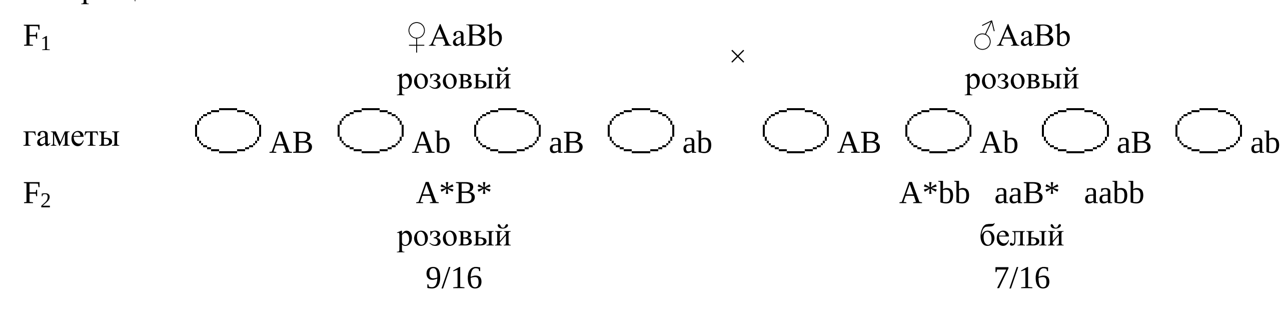
   Схема скрещивания

P	♀AAbb	×	♂aaBB
	белый		белый



2. Дигетерозиготные потомки F_1 будут давать по 4 типа гамет, которые могут комбинироваться 16 способами. Построив решетку Пеннета, можно убедиться, что организмов, одновременно имеющих доминантные гены А и В (розовые цветы), будет примерно 9/16. То есть, в F_2 будет наблюдаться расщепление по цвету в пропорции 9:7.

Схема скрещивания



Ответ

В F_1 все потомство будет единообразным и будет иметь розовую окраску цветов. В F_2 9/16 растений будут иметь розовые, а 7/16 – белые цветы.

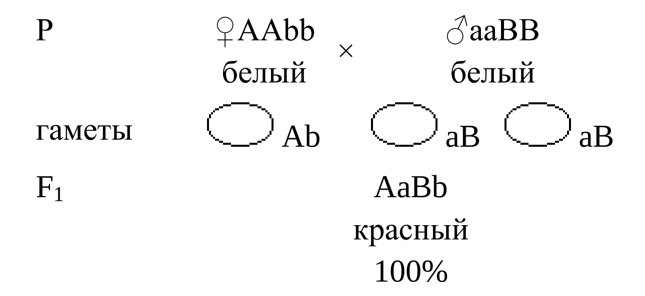
Задача 5-2

Окраска цветов душистого горошка в красный цвет обусловлена двумя парами генов. Если хотя бы одна пара находится в рецессивном состоянии, то окраска не развивается. Одновременное присутствие в генотипе обоих доминантных генов вызывает развитие окраски. Каков генотип растений с белыми цветами, если при их скрещивании друг с другом все растения получились красного цвета?

Решение

1. Поскольку потомство F_1 имело окрашенные цветки, то в его генотипе присутствуют оба доминантных гена А и В.
2. Все потомство единообразно, следовательно, скрещивались гомозиготные особи.
3. Родители имели неокрашенные цветки, значит, они не могут нести оба доминантных гена.
4. Генотип родителей не может быть одинаковым (иначе потомство было бы таким же, то есть имело бы неокрашенные цветки).
5. Этим условиям удовлетворяет только тот вариант, когда у одного родителя генотип AAbb, а у другого – aaBB.

Схема скрещивания



Задача 5-3

При скрещивании двух растений тыквы со сферической формой плодов получено потомство, имеющее только дисковидные плоды. При скрещивании этих гибридов между собой были получены растения с тремя типами плодов:

9 частей – с дисковидными плодами,

6 частей – со сферической формой плодов,

1 часть – с удлиненными плодами.
Какая закономерность наблюдается в данном случае? Каковы генотипы родителей и потомства?
Решение

1. Потомство F_1 отличалось от родителей и было единообразным, следовательно, оно является гетерозиготным, а исходные особи были гомозиготными.
2. Исходные особи должны отличаться по генотипу друг от друга, так как при одинаковом генотипе их потомство не отличалось бы от них. Это указывает на то, что в данном случае имеет место комплементарное взаимодействие генов. Генотип родительских особей – AAbb и aaBB, а потомства F_1 – AaBb (см. решение задачи 5-2).
3. Таким образом, форма плодов определяется двумя парами генов. Если обе пары находятся в доминантном состоянии (генотипы AABB, AaBb, AABb или AaBB), то форма плодов дисковидная. Если в доминантном состоянии находится только одна пара генов (генотипы AAbb, Aabb, aaBB или aaBb), – форма плодов сферическая.
4. Расщепление в потомстве F_2 (9:6:1) отличается от расщепления 9:7, обычно наблюдаемого при комплементарном взаимодействии. 1/16 часть растений имела плоды удлиненной формы. Это может быть только в том случае, если генотип таких особей – aabb, то есть оба гена находятся в рецессивном состоянии.
5. Анализ решетки Пеннета подтверждает полученные результаты.

Задача 5-4
Среди ферментов, участвующих в образовании хлорофилла у ячменя, имеется два фермента, отсутствие которых приводит к нарушению синтеза этого пигмента. Если нет одного из них, то растение становится белым, если нет другого – желтым. При отсутствии обоих ферментов растение также белое. Синтез каждого фермента контролируется доминантным геном. Гены находятся в разных хромосомах. Какое потомство следует ожидать при самоопылении гетерозиготного по обоим генам ячменя?
Задача 5-5
У кукурузы нормальный рост определяется двумя доминантными неаллельными генами. Гомозиготность по рецессивным аллелям даже одной пары генов приводит к возникновению карликовых форм. При скрещивании двух карликовых растений кукурузы выросли гибриды нормальной высоты, а при скрещивании этих гибридов в их потомстве было получено 812 нормальных и 640 карликовых растений. Определить генотипы родителей и потомков.
Задача 5-6
У норки известно два рецессивных гена – p и i, гомозиготность по каждому из которых, или по обоим одновременно, обуславливает платиновую окраску меха. Дикая коричневая окраска получается при наличии обоих доминантных аллелей P и I. При каком типе скрещивания двух платиновых норок все их потомство будет коричневым?
Задача 5-7
При скрещивании двух карликовых растений кукурузы получено потомство нормальной высоты. В F_2 от скрещивания потомства первого поколения было 452 растения нормальной высоты и 352 – карликовых. Предложите гипотезу, объясняющую эти результаты.
Задача 5-8
В двух цветоводческих хозяйствах, не связанных друг с другом, длительное время разводили чистые линии душистого горошка с белыми цветами. Какое потомство можно ожидать от скрещивания этих двух чистых линий?
Задача 5-9
Окраска шерсти у кроликов определяется двумя парами генов, расположенных в разных хромосомах. При наличии доминантного гена С доминантный ген А другой пары обуславливает серую окраску

шерсти, рецессивный ген а – черную окраску. В отсутствии гена С окраска будет белая. Крольчата какого цвета получатся от скрещивания серых дигетерозиготных кроликов?
Задача 5-10
Окраска бобов может быть пурпурной, желтой и белой. Под действием гена А неокрашенное соединение переводится в пурпурный пигмент. Ген В вызывает превращение пурпурного вещества в желтое. Какое потомство получится от скрещивания растений с генотипами AaBb и aaBB?
Задача 5-11
Для получения окрашенных луковиц необходимо наличие у растений лука доминантного гена С. При гомозиготности по рецессивному аллелю с получаются бесцветные луковицы. При наличии доминантного гена С вторая пара аллелей определяет цвет луковицы – красный (R) или желтый (r). Краснолуковичное растение было скрещено с белолуковичным. В потомстве были растения с красными, желтыми и бесцветными луковицами. Определить генотипы скрещиваемых растений. Какое расщепление по фенотипу произошло в потомстве? Какое расщепление было бы в потомстве, если бы обе исходные особи были красного цвета?
Задача 5-12
У лука ген R определяет красную окраску чешуй, а ген r – желтую. Любая окраска проявляется только при наличии в генотипе доминантного гена С, при его отсутствии чешуи имеют белую окраску. Определить генотипы исходных форм луковиц с белыми и красными чешуями, если все гибридные луковицы имели красную окраску чешуй.
Задача 5-13
От скрещивания белых и серых мышей в потомстве F_1 все особи были черными, а в F_2 было 77 черных, 37 серых и 45 белых мышей. Как наследуется окраска у этих мышей? Определить генотипы родителей и потомков.
Задача 5-14
Собаки породы кокер-спаниель при генотипе A*B* имеют черную масть, при генотипе A*bb – рыжую, при генотипе aaB* – коричневую, а при генотипе aabb – светло-желтую. При скрещивании черного кокер-спаниеля со светло-желтым родился светло-желтый щенок. Какое соотношение по масти следует ожидать от спаривания того же черного спаниеля с собакой одинакового с ним генотипа?

2. Полимерное действие генов

При **полимерном наследовании** развитие одного признака контролируется несколькими парами генов, расположенных в разных хромосомах. Чем больше генов находится в доминантном состоянии, тем ярче выражен признак.
Полимерное действие лежит в основе наследования количественных признаков и играет важную роль в эволюции.
Например, степень пигментации кожи определяется двумя парами (на самом деле – большим количеством) генов. В соответствии с этим по данному признаку людей можно условно разделить на 5 фенотипов: негры (AABB), темные мулаты (AABb или AaBB), средние мулаты (AaBb, aaBB или AAbb), светлые мулаты (Aabb или aaBb) и белые (aabb).
Задача 5-15
Сын белой женщины и негра женится на белой женщине. Может ли ребенок от этого брака быть темнее своего отца?
Задача 5-16
Какой фенотип потомства будет:
а) от брака негра и светлой мулатки;
б) от брака белого и темной мулатки?
Задача 5-17

Какое потомство получится от брака:
а) двух средних гетерозиготных мулатов;
б) двух средних гомозиготных мулатов?
Задача 5-18
Два средних мулата имеют двух детей-близнецов: черного и белого ребенка. Можно ли установить генотипы родителей?
Задача 5-19
От брака среднего мулата и светлой мулатки родилось много детей, среди которых оказалось по 3/8 средних и светлых мулатов и по 1/8 – темных мулатов и белых. Каковы возможные генотипы родителей?
Задача 5-20
Может ли у одной пары родителей родиться двое детей-близнецов, один из которых белый, а другой – негр?

3. Эпистаз

Эпистазом, или **противоположным действием генов**, называется явление, при котором ген одной аллельной пары (супрессор) в доминантном состоянии может подавлять развитие признака, контролируемого другой парой генов.

В случае **эпистаза** при скрещивании дигетерозигот в потомстве наблюдается расщепление в соотношении 13:3 или 12:3:1.
Задача 5-21
При скрещивании растений одного из сортов тыквы с белыми и желтыми плодами все потомство F_1 имело белые плоды. При скрещивании этого потомства между собой в их потомстве F_2 было получено:
204 растения с белыми плодами,
53 растения с желтыми плодами,
17 растений с зелеными плодами.
Определить возможные генотипы родителей и потомства.
Решение
1. Потомство F_1 единообразно. Это указывает на то, что родители были гомозиготны, и признак белой окраски доминирует.
2. Гибриды первого поколения F_1 гетерозиготны (получены от родителей с разным генотипом и имеют расщепление в F_2).
3. Во втором поколении имеется три класса фенотипов, но расщепление отличается от расщепления при кодоминировании (1:2:1) или при комплементарном наследовании (9:6:1, 9:3:4, 9:7 или 9:3:3:1).
4. Предположим, что признак определяется противоположным действием двух пар генов, причем особи, у которых обе пары генов находятся в рецессивном состоянии (ccjj), отличаются по фенотипу от особей, у которых действие гена не подавляется. Расщепление в потомстве 12:3:1 подтверждает это предположение.

Ответ
Генотипы родителей – CCjj и ccJJ, потомства F_1 – CcJj.
Задача 5-22
У кур породы леггорн окраска перьев обусловлена наличием доминантного гена C. Если он находится в рецессивном состоянии, то окраска не развивается. На действие этого гена оказывает влияние ген I, который в доминантном состоянии подавляет развитие признака, контролируемого геном C. Какое потомство получится от скрещивания дигетерозиготных по этим генам кур породы леггорн?
Задача 5-23

У кур породы леггорн окраска перьев обусловлена наличием доминантного гена С. Если он находится в рецессивном состоянии, то окраска не развивается. На действие этого гена оказывает влияние ген I, который в доминантном состоянии подавляет развитие признака, контролируемого геном С. Определить вероятность рождения окрашенного цыпленка от скрещивания кур с генотипом CCIi и ccIi.

Задача 5-24

При скрещивании чистых линий собак коричневой и белой масти все потомство имело белую окраску. Среди потомства полученных гибридов было 118 белых, 32 черных и 10 коричневых собак. Предложите гипотезу, объясняющую эти результаты.

Задача 5-25

У лошадей действие генов вороной (С) и рыжей масти (с) проявляется только в отсутствие доминантного гена D. Если он присутствует, то окраска белая. Какое потомство получится при скрещивании между собой белых лошадей с генотипом CcDd?

Задача 5-26

У овса черная окраска семян определяется доминантным геном А, а серая окраска – доминантным геном В. Ген А эпистатичен гену В, и последний в его присутствии не проявляется. При отсутствии в генотипе обоих доминантных генов окраска семян белая. При скрещивании двух серосеменных растений получили растения с серыми и белыми семенами в пропорции 3:1. Определить генотипы родителей. Какое расщепление в потомстве было бы получено, если бы скрещивались дигетерозиготные формы?

Задача 5-27

Свиньи бывают черной, белой и красной окраски. Белые свиньи несут минимум один доминантный ген I. Черные свиньи имеют доминантный ген Е и гомозиготны по рецессивной аллели i. Красные поросята (eeii) лишены доминантного гена-подавителя I и доминантного гена, определяющего черную окраску. Какое потомство можно ожидать от скрещивания черной гомозиготной свиньи и красного кабана?

Ответы и решения к задачам главы V

5-1. В F_1 все потомство будет единообразно и будет иметь розовую окраску цветов. В F_2 9/16 растений будут иметь розовые, 7/16 – белые цветы.

5-2. Генотип исходных растений – ААbb и ааВВ.

5-3. Объяснение в тексте.

5-4. 9/16 – зеленые (AaBb, AABB, AABb и AaBB),
3/16 – желтые (AAbb и Aabb),
4/16 – белые (aaBB, aaBb и aabb).

5-5. Исходные организмы имели генотипы ААbb и ааВВ. Единообразное потомство F_1 несло генотип AaBb; в потомстве F_2 наблюдалось расщепление 9:7, характерное для комплементарного наследования.

5-6. Для скрещивания необходимо взять животных с генотипами ppII и PPii.

5-7. Наблюдаемое в потомстве F_2 расщепление в пропорции 9:7 может быть при комплементарном наследовании, когда развитие признака (нормальный рост) определяется двумя парами генов в доминантном состоянии. Для проверки этого предположения надо провести возвратное скрещивание потомка F_1 с одним из родителей. В этом случае должно быть расщепление по фенотипу в соотношении 1:1.

5-8. Возможные варианты: AAbb × aaBB – окрашенные, AAbb × AAbb – белые, aaBB × aaBB – белые.

5-9. Получатся серые, черные и белые крольчата в соотношении 9:3:4.

5-10. Получится следующее потомство: 25% – AaBB – пурпурные, 25% – AaBb – пурпурные, 25% – aaBB – белые, 25% – aaBb – белые. Расщепление по фенотипу равно 1:1.

5-11. Генотипы исходных особей – CcRr и Ccrr. В потомстве от их скрещивания наблюдается расщепление по фенотипу в пропорции 3:3:2. Если бы обе исходные особи были красного цвета (генотип – CcRr), то было бы расщепление в соотношении 9:3:4.
5-12. Генотип исходных растений с белыми цветами – ccrr, с красными цветами – CCRR.
5-13. По-видимому, признак кодируется двумя парами комплементарных генов, которые у родителей находятся в разных состояниях (AAbb и aaBB). Соотношения фенотипов потомства подтверждает это предположение:
A*B* (черных) – 9/16,
A*bb (серых) – 3/16,
aaB* и aabb (белых) – 4/16.
5-14. В потомстве следует ожидать следующее расщепление по масти:
A*B* (черная) – 9/16,
A*bb (рыжая) – 3/16,
aaB* (коричневая) – 3/16,
aabb (светло-желтая) – 1/16.
5-15. Задача имеет три варианта решения. Во всех вариантах ребенок содержит меньше доминантных генов, чем отец, и, следовательно, будет светлее его.
5-16. а) От брака негра и светлой мулатки в равном соотношении будут рождаться темные и средние мулаты.
б) От брака белого и темной мулатки с равной вероятностью будут рождаться светлые или средние мулаты.
5-17. а) От брака двух средних гетерозиготных мулатов будут рождаться негры (1/16), темные мулаты (4/16), средние мулаты (6/16), светлые мулаты (4/16) и белые (1/16).
б) От брака средних гомозиготных мулатов, независимо от их генотипа, родятся только средние мулаты.
5-18. AaBb и AaBb. Только в этом случае в их потомстве будут одновременно встречаться дети с генотипами aabb и AABB.
5-19. Генотип отца – AaBb, генотип матери – Aabb или aaBb.
5-20. Может, если близнецы разнояйцовые, а родители являются дигетерозиготными мулатами (генотип AaBb). Тогда у них могут быть потомки с генотипом AABB (негр) и aabb (белый).
5-21. Генотипы родителей – CCjj и ccJJ, потомства F_1 – CcJj.
5-22. В потомстве будет 3/16 окрашенных цыплят (C*ii) и 13/16 белых (генотипы **I* и ccii).
5-23. Вероятность рождения окрашенного цыпленка (Ccii) – 1/4.
5-24. Решение аналогично решению задачи 5-21.
5-25. CCDD, CcDD, CCDd, CcDd, ccDD и ccDd – белые (12/16), CCdd и Ccdd – вороные (3/16), ccdd – рыжие (1/16).
5-26. aaBb и aaBb. При скрещивании дигетерозигот было бы получено соотношение черных, серых и белых семян в пропорции 12:3:1.
5-27. Красный кабан по условию задачи имеет генотип eeii. Генотип свиньи не может быть EEII, так как в этом случае она не была бы окрашенной. Следовательно, ее генотип EEii. Каждое из животных дает один тип гамет (ei и Ei соответственно), которые можно объединить единственным образом. В результате этого получатся черные поросята с генотипом Eeii.

Глава VI. Сцепленное наследование

Число признаков организма многократно превышает число хромосом. Следовательно, в одной хромосоме располагается множество генов. Наследование признаков, гены которых находятся в одной паре гомологичных хромосом, называется **сцепленным наследованием** (**закон Моргана**). Гены, расположенные в одной хромосоме, образуют **группу сцепления**. Число групп сцепления равно гаплоидному числу хромосом.

Распространенные ошибки при решении этого типа задач обычно сводятся к тому, что учащиеся не умеют определять типы гамет, не понимают механизмы кроссинговера или не учитывают тот факт, что при **сцепленном наследовании** доминантные и рецессивные гены могут находиться в одной из гомологичных хромосом (транс-положение) или в разных гомологичных хромосомах (цис-положение).

Темы главы VI

1. Полное сцепление

Перед решением задач на **сцепленное наследование** целесообразно сравнить результаты анализирующего скрещивания при **независимом** и **сцепленном наследовании**:

Независимое наследование
A – желтая окраска, a – зеленая окраска,
B – гладкие семена, b – морщинистые семена.

Сцепленное наследование (кроссинговер отсутствует)
A – серое тело, a – черное тело,
B – нормальные крылья, b – короткие крылья.

	Независимое наследование					**Сцепленное наследование** (кроссинговер отсутствует)		
P	♀ A B a b		×	♂ a b a b		♀ AB ab	×	♂ ab ab
	желт., глад.			зелен., морщ.		серые, норм.		черные, корот.
гаметы	AB	Ab	aB	ab	ab	AB	ab	ab
F_1	A B a b	A b a b	a B a b	a b a b		AB ab		ab ab
	желт., глад.	желт., морщ.	зелен., глад.	зелен., морщ.		серые, норм.		черные, корот.

25% 25% 25% 25% 50% 50%

2. Определение типов гамет

Количество гамет равно 2^n, где n – не число гетерозиготных пар генов, а количество пар разнородных хромосом, содержащих гетерозиготные гены. Например, тригетерозигота AaBbCc будет давать 8 типов гамет, если гены расположены в разных парах хромосом (n = 3) и только 2 типа, если гены находятся в одной паре (n = 1).

Задача 6-1

Написать типы гамет, которые образуют организмы со следующими генотипами:

а) $\frac{AB}{ab}\ \frac{CD}{cd}\ \frac{EF}{ef}$;

б) $\frac{ABC}{abc}\ \frac{D}{d}\ \frac{EF}{ef}$;

в) $\frac{ABCDEF}{abcdef}$.

Кроссинговер отсутствует.

Задача 6-2

Какие типы гамет будут образовывать организмы с генотипами:

а) $\frac{AB}{ab}$; б) $\frac{Ab}{aB}$?

Задача 6-3

Написать типы гамет, продуцируемых тетрагетерозиготным организмом, если два гена и их аллели находятся в одной паре гомологичных хромосом, а другие две пары генов – в другой. Кроссинговер отсутствует.

3. Выяснение генотипов особей и определение вероятности рождения потомства с анализируемыми признаками

При выяснении генотипов особей с заданными признаками используются те же принципы, что и при решении задач на моно- или дигибридное скрещивание. Как отмечалось ранее, в каждом случае следует учитывать, в цис- или транс-положении находятся доминантные и рецессивные гены.

Задача 6-4

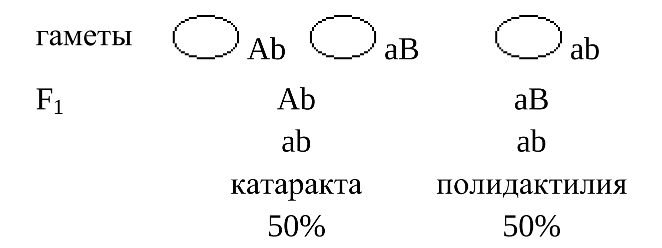
Катаракта и полидактилия (многопалость) вызываются доминантными аллелями двух генов, расположенных в одной паре аутосом. Женщина унаследовала катаракту от отца, а многопалость – от матери. Определить возможные фенотипы детей от ее брака со здоровым мужчиной. Кроссинговер отсутствует.

Решение

1. Мужчина несет два рецессивных признака. Значит, его генотип – $\frac{ab}{ab}$.
2. Женщина страдает обоими заболеваниями, следовательно, содержит доминантные гены A и B и их рецессивные аллели a и b. Одну болезнь она унаследовала от отца, а другую – от матери, значит, доминантные гены расположены не в одной, а в разных гомологичных хромосомах, и генотип женщины – $\frac{Ab}{aB}$.

Схема брака

P	♀ $\frac{Ab}{aB}$	×	♂ $\frac{ab}{ab}$
	катаракта, полидактилия		здоров, здоров



Ответ

50% детей будут многопалыми, 50% – унаследуют катаракту.

Задача 6-5

Доминантные гены катаракты и элиптоцитоза расположены в первой аутосоме. Определить вероятные фенотипы и генотипы детей от брака здоровой женщины и дигетерозиготного мужчины. Кроссинговер отсутствует.

Задача 6-6

Доминантные гены катаракты, элиптоцитоза и многопалости расположены в первой аутосоме. Определить возможные фенотипы детей от брака женщины, больной катарактой и элиптоцитозом (мать ее была здорова), с многопалым мужчиной (мать его имела нормальную кисть).

Задача 6-7

У дрозофилы доминантный ген, определяющий лопастную форму глаз, располагается в той же аутосоме, что и рецессивный ген укороченности тела. Гомозиготную муху с укороченным телом и лопастной формой глаз скрестили с гомозиготной дрозофилой, имеющей круглые глаза и обычную длину тела. Какими окажутся гибриды первого поколения F_1 и каким будет потомство F_2 от скрещивания этих гибридов между собой?

4. Задачи, в которых одновременно рассматривается сцепленное и независимое наследование

Задача 6-8

Дрозофила, гомозиготная по признакам желтой окраски, наличия очень узких крыльев и отсутствия щетинок, была скрещена с дрозофилой, имеющей в гомозиготном состоянии гены, определяющие серый цвет, нормальные крылья и щетинки. Какое потомство возникнет от скрещивания полученных гибридов между собой, если известно, что рецессивный ген желтой окраски и доминантный ген узких крыльев лежат во второй аутосоме, а рецессивный ген отсутствия щетинок – в третьей, если предположить, что кроссинговер между генами A и B отсутствует?

Решение

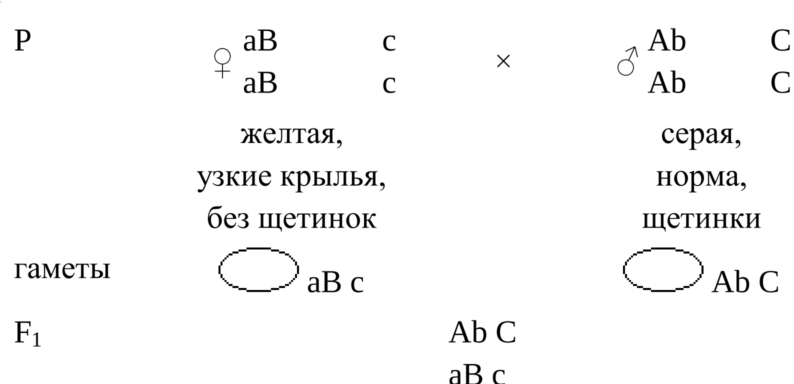
A – серая окраска, a – желтая окраска,

B – узкие крылья, b – нормальные крылья,

C – наличие щетинок, c – отсутствие щетинок.

Генотип исходных форм известен из условия задачи: самка – $\frac{aB}{aB}\frac{c}{c}$; самец – $\frac{Ab}{Ab}\frac{C}{C}$.

Схема скрещивания



серая, узкие крылья, щетинки

Ab C aB c Ab c aB C

Построив решетку Пеннета, можно определить количество потомков разных генотипических и фенотипических классов.

5. Неполное сцепление

При неполном сцеплении гомологичные хромосомы могут обмениваться аллельными генами. Причиной этого является кроссинговер, который, в свою очередь, является результатом того, что при мейозе гомологичные хромосомы конъюгируют и могут обмениваться участками.

В результате этого при скрещивании дигетерозигот с генотипом $\frac{AB}{ab}$ с гомозиготами по рецессиву, имеющими генотип $\frac{ab}{ab}$, в потомстве, наряду с обычными, появляется некоторое количество особей, образовавшихся в результате слияния кроссоверных гамет (рекомбинантов), имеющих генотип $\frac{Ab}{ab}$ или $\frac{aB}{ab}$.

6. Составление схем кроссинговера

При составлении схем кроссинговера следует помнить, что основное количество гамет будут составлять некроссоверные, а кроссоверные гаметы будут встречаться в небольших количествах. Образование кроссоверных гамет можно легко определить, воспользовавшись схемой, представленной при решении задачи 6-9.

Задача 6-9

Написать возможные варианты кроссинговера между генами в группе сцепления .

Решение

1) Одиночный кроссинговер между генами A и B:

$\frac{ABC}{abc}$ $\frac{AbC}{aBc}$ → AbC, aBC

2) Одиночный кроссинговер между генами B и C:

$\frac{ABC}{abc}$ $\frac{ABc}{abC}$ → ABc, abC

3) Двойной кроссинговер между генами A и C:

$\frac{ABC}{abc}$ $\frac{aBc}{AbC}$ → aBc, AbC

Задача 6-10

Написать возможные типы гамет, образующиеся у организма с генотипом $\frac{AB}{ab}$ при наличии кроссинговера.

Задача 6-11

Написать возможные варианты гамет, образующиеся у организма с генотипом $\frac{AB}{ab}$ $\frac{CD}{cd}$ при наличии кроссинговера.

7. Определение типа наследования (сцепленное или независимое) и расстояния между генами

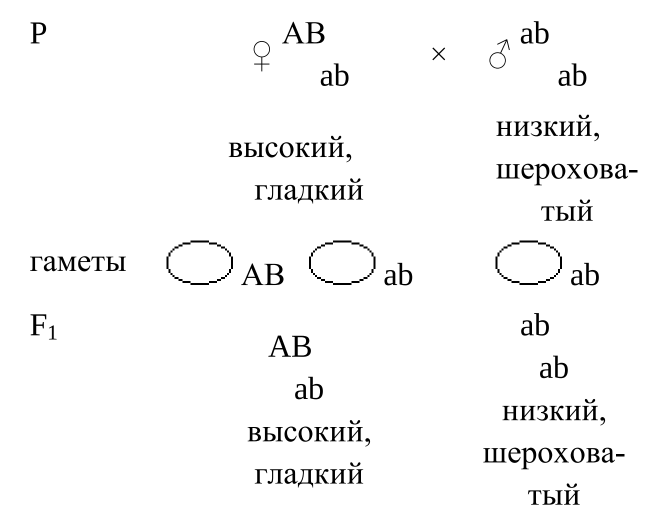
Для определения **типа наследования** необходимо выяснить количество особей, получающихся при анализирующем скрещивании. Соотношение фенотипических классов в F_1, близкое к 1:1:1:1, позво-

ляет с большой вероятностью предположить наличие **независимого наследования**, а присутствие в потомстве двух фенотипов в пропорции, близкой к 1:1, указывает на **сцепленное наследование**. Наличие небольшого количества рекомбинантов является результатом **кроссинговера**. Количество таких организмов пропорционально вероятности кроссинговера между сцепленными генами и, следовательно, расстоянию между ними в хромосоме. Это расстояние измеряется в **морганидах (М)** и может быть определено по формуле:

$$x = \frac{a + c}{n} \cdot 100, \qquad (2)$$

где x – расстояние между генами (в морганидах),
a и c – количество кроссоверных особей,
n – общее число особей.
Таким образом, одна морганида равна 1% кроссинговера.
Если число кроссоверных особей дано в процентах, то **расстояние между генами** равно сумме процентного состава.
Задача 6-12
У томата высокий рост доминирует над низким, гладкий эндосперм – над шероховатым. От скрещивания двух растений получено расщепление: 208 высоких растений с гладким эндоспермом, 9 – высоких с шероховатым эндоспермом, 6 – низких с гладким эндоспермом, 195 – низких с шероховатым эндоспермом. Определить вид наследования, генотип исходных растений и расстояние между генами.
Решение
1. Наличие в потомстве расщепления по обоим признакам указывает на то, что в скрещивании участвовало дигетерозиготное растение.
2. Соотношение особей, имеющих оба доминантных или оба рецессивных признака, близкое к 1:1, говорит о том, что одно из растений было гомозиготным по рецессиву (то есть, в данном случае, имело место анализирующее скрещивание), и что гены, кодирующие развитие обоих признаков, расположены в одной паре хромосом в цис-положении. Следовательно, генотип исходных особей: $\frac{AB}{ab}$ и $\frac{ab}{ab}$.

Схема скрещивания



3. Сцепление не является полным, так как в потомстве присутствовало небольшое количество рекомбинантов, имеющих фенотипы низких растений с гладким эндоспермом и высоких растений с шероховатым эндоспермом, которым соответствуют генотипы $\frac{aB}{ab}$ и $\frac{Ab}{ab}$.
4. Подставляя значения количества особей каждого типа в формулу (2) (см. выше), можно определить расстояние между генами А и В:

$$x = \left(\frac{6 + 9}{208 + 9 + 6 + 195} \right) * 100 = 3{,}5 \text{ М}$$

Ответ

Признаки роста и формы поверхности эндосперма у томата наследуются по типу неполного сцепления. Расстояние между генами, кодирующими эти признаки, составляет 3,5 морганид. Генотип исходных растений, соответственно: $\frac{AB}{ab}$ и $\frac{ab}{ab}$.

Задача 6-13

Гладкая форма семян кукурузы доминирует над морщинистой, а окрашенные семена – над неокрашенными. При скрещивании растений кукурузы с гладкими окрашенными семенами и с морщинистыми неокрашенными семенами получено следующее потомство:

4152 – гладких окрашенных,

149 – морщинистых окрашенных,

152 – гладких неокрашенных,

4166 – морщинистых неокрашенных.

Определить тип наследования (сцепленное или независимое) и расстояние между генами, кодирующими форму и окраску семян у кукурузы.

Задача 6-14

При скрещивании гетерозиготной мухи с красными глазами и нормальными крыльями и мухи с пурпурными глазами и короткими крыльями получили:

1109 красноглазых мух с длинными крыльями,

1140 красноглазых мух с короткими крыльями,

1122 пурпурноглазых мух с длинными крыльям,

1160 пурпурноглазых мух с короткими крыльями.

Сцепленно или независимо наследуются гены формы крыльев и цвета глаз у дрозофилы? Какие гены являются доминантными, а какие – рецессивными?

Задача 6-15

При скрещивании самки дрозофилы, дигетерозиготной по генам M и N, с рецессивным самцом получено следующее расщепление по фенотипу: MN : Mn : mN : mn – 47:3:3:47. Определить расстояние между генами M и N.

Задача 6-16

У томатов признак высокого роста (A) доминирует над карликовым (a), а округлая форма плода (B) доминирует над грушевидной (b). Оба гена принадлежат к одной группе сцепления. При анализирующем скрещивании получено:

38% высоких растений с округлыми плодами,

42% карликовых растений с грушевидными плодами,

10% высоких растений с грушевидными плодами,

10% карликовых растений с округлыми плодами.

Определить расстояние между генами, кодирующими рост растения и форму плодов.

Задача 6-17

При анализирующем скрещивании дигетерозиготы в потомстве произошло расщепление на четыре фенотипических класса в соотношении: 42,4% – AaBb, 6,9% – Aabb, 7,0% – aaBb, 43,7% – aabb. Как наследуются гены? Каково расстояние между ними?

8. Определение числа кроссоверных гамет или полученного соотношения особей в потомстве в зависимости от расстояния между генами в хромосоме

Число кроссоверных гамет определяется по формуле (3), выведенной из формулы (2) для определения расстояния между генами в хромосоме:

$$a = c = \frac{100 \cdot n}{2x}, \quad (3)$$

где *a* и *c* – количество рекомбинантов каждого вида,
n – общее количество потомства,
x – расстояние между генами в морганидах.

Задача 6-18

У кур признак раннего оперения (E) доминирует над признаком позднего оперения (e), а рябое оперение (B) – над черным (b). Гены B и E сцеплены и показывают 20% кроссинговера. Скрещивается гомозиготная рано оперившаяся черная курица с гетерозиготным петухом. Какое потомство получится при скрещивании?

Задача 6-19

Если допустить, что гены A и B сцеплены и перекрест между ними составляет 20%, то какие гаметы и в каком количественном соотношении будет образовывать дигетерозигота?

Задача 6-20

Расстояние между генами C и D – 4,6 морганид. Определить процент гамет каждого типа: CD, cd, Cd и cD, продуцируемых дигетерозиготным организмом.

Задача 6-21

У кукурузы гладкие семена (S) доминируют над морщинистыми (s), а окрашенные (C) – над бесцветными (c). Гены S и C расположены в одной и той же аутосоме на расстоянии 3,6 морганид. Установите, какие типы гамет и в каком соотношении будут образовываться у дигетерозиготных по этим признакам растений.

Задача 6-22

Если допустить, что гены A и B сцеплены и расстояние между ними составляет 8 морганид, а ген C находится в другой группе сцепления, то какие гаметы и в каком количестве будет образовывать тригетерозигота $\frac{AB}{ab}$ и $\frac{C}{c}$.

9. Картирование хромосом

Для составления **карт хромосом** рассчитывают взаимное расстояние между отдельными парами генов и затем определяют расположение этих генов относительно друг друга.

Так, например, если три гена расположены в следующем порядке: A B C, то расстояние между генами A и C (процент рекомбинаций) будет равно сумме расстояний (процентов рекомбинаций) между парами генов AB и BC.

Если гены расположены в порядке: A C B, то расстояние между генами A и C будет равно разности расстояний между парами генов AB и CB.

Задача 6-23

Гены A, B и C находятся в одной группе сцепления. Между генами A и B кроссинговер происходит с частотой 7,4%, а между генами B и C – с частотой 2,9%. Определить взаиморасположение генов A, B и C, если расстояние между генами A и C равняется 10,3% единиц кроссинговера. Как изменится взаиморасположение этих генов, если частота кроссинговера между генами A и C будет составлять 4,5%?

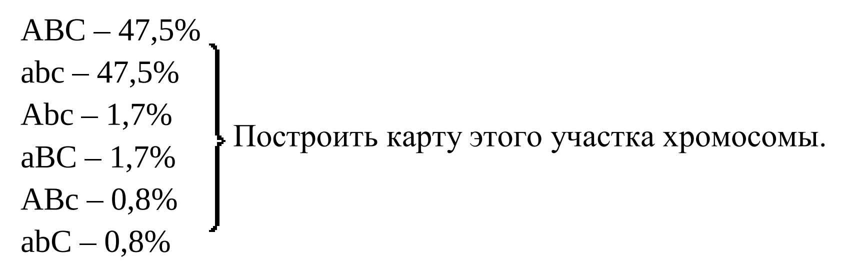
Решение

1. По условию задачи расстояние от гена A до гена C (10,3 М) равно сумме расстояний между генами A и B (2,9 М) и генами B и C (7,4 М), следовательно, ген B располагается между генами A и C и расположение генов следующее: A B C.
2. Если бы расстояние от гена A до гена C равнялось разности расстояний между парами генов AB и BC (4,5 = 7,4 – 2,9), то гены располагались бы в следующей последовательности: A C B.

И в этом случае расстояние между крайними генами было бы равно сумме расстояний между промежуточными: AB = AC + CB.

Задача 6-24

При анализирующем скрещивании тригетерозиготы AaBbCc были получены организмы, соответствующие следующим типам гамет:

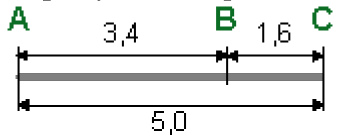


ABC – 47,5%
abc – 47,5%
Abc – 1,7%
aBC – 1,7%
ABc – 0,8%
abC – 0,8%

Построить карту этого участка хромосомы.

Решение

1. Расщепление при анализирующем скрещивании, близкое к 1:1, указывает на то, что все три пары генов находятся в одной хромосоме.
2. Расстояние между генами А и В равно: 1,7 + 1,7 = 3,4 М.
3. Расстояние между генами В и С равно: 0,8 + 0,8 = 1,6 М.
4. Ген В находится между генами А и С. Расстояние между генами А и С равно: 1,7 + 1,7 + 0,8 + 0,8 = 5,0 М.
5. Карта участка хромосомы:



Ответы и решения к задачам главы VI

6-1. а) AB CD EF, ab cd ef, AB cd ef, ab CD EF, ab CD ef, AB cd EF, AB CD ef, ab cd EF;
б) ABC D EF, abc D ef, ABC D ef, abc D EF;
в) ABCDEF и abcdef.

6-2. а) Будут образованы гаметы AB и ab ;
б) будут образованы гаметы Ab и aB .

6-3. Поскольку гены могут находится в хромосомах в цис- или транс-положении, то данная задача имеет 4 варианта решения, в каждом из которых образуется по 4 типа гамет.

6-4. 50% детей будут многопалыми, 50% – унаследуют катаракту.

6-5. Генотип мужчины может быть $\frac{AB}{ab}$ или , поэтому задача имеет два варианта решения. В первом случае 50% детей будут иметь обе аномалии, 50% – будут здоровы. Во втором – половина детей будет болеть элиптоцитозом, половина – катарактой.

6-6. 25% детей будут болеть катарактой, элиптоцитозом и многопалостью, 25% – будут здоровы, по 25% – катарактой и элиптоцитозом или многопалостью.

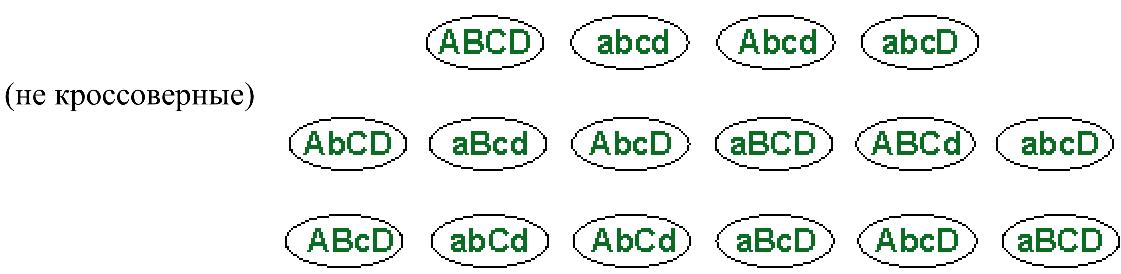
6-7. Все гибриды F_1 будут иметь лопастную форму глаз и укороченное тело. В потомстве F_2 будут наблюдаться фенотипы: лопастные глаза, короткое тело; лопастные глаза, нормальное тело; круглые глаза, нормальное тело в соотношении 1:2:1.

6-8. Объяснение в тексте.

6-9. Объяснение в тексте.

6-10. Наряду с гаметами AB и ab , которых будет образовываться большинство, будет получено некоторое количество гамет
Ab и aB .

6-11. У данного организма будут образовываться гаметы:



(не кроссоверные)

(кроссоверные)

6-12. Признаки роста и формы поверхности эндосперма у томата наследуются по типу неполного сцепления. Расстояние между генами, кодирующими эти признаки, составляет 3,5 морганид. Генотип исходных растений был соответственно AB и ab.

6-13. Наследование сцепленное. Расстояние между генами формы и окраски семян составляет 3,5 М.

6-14. Расщепление в потомстве, близкое к соотношению 1:1:1:1, указывает на то, что наследование независимое. Доминантными являются гены красной окраски глаз и нормальной формы тела.

6-15. Расстояние между генами M и N равно 6 морганидам.

6-16. Расстояние между генами высоты растения и формы плодов составляет 20 М.

6-17. Наследование осуществляется по типу неполного сцепления. Расстояние между генами A и B составляет 13,9 М.

6-18. 40% – рано оперившихся рябых, 40% – поздно оперившихся черных, 10% – рано оперившихся черных, 10% – поздно оперившихся рябых.

6-19. 40% – AB; 40% – ab; 10% – aB; 10% – Ab.

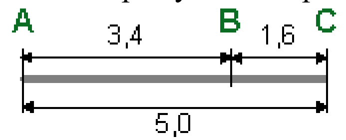
6-20. Cd – 2,3%; cD – 2,3%; CD – 47,7%; cd – 47,7%.

6-21. Будут образованы гаметы: SC – 48,2%; sc – 48,2%; Sc – 1,8%; sC – 1,8%.

6-22. ABC – 23%; ABc – 23%; abc – 23%; abC – 23%; AbC – 2%; Abc – 2%; aBC – 2%; aBC – 2%.

6-23. Объяснение в тексте.

6-24. Карта участка хромосомы:



Глава VII. Наследование генов, локализованных в половых хромосомах

Для успешного решения этого типа задач необходимо четко представлять механизм **наследования половых хромосом**:

P	♀XX ×	♂XY	
гаметы	◯X	◯X	◯Y
F_1	♀XX	♂XY	
	50%	50%	

У человека, как у большинства других организмов, женщина продуцирует гаметы, содержащие только X-хромосомы (**гомогаметные**). Мужчины являются **гетерогаметными** и производят два типа гамет (с X- и с Y-хромосомой). У некоторых организмов: птиц, бабочек, отдельных видов рыб и растений (например земляники) гетерогаметными являются женские особи, а мужские – гомогаметными. **Половые хромосомы** X и Y не являются полностью гомологичными друг другу. Поэтому наследование признаков, гены которых находятся в негомологичных участках половых хромосом, имеет свои особенности:

1. Отец всегда передает свою X-хромосому дочери, а Y-хромосому – сыну. Мать передает X-хромосому или сыну, или дочери.
2. Признаки, развитие которых определяется генами, расположенными в негомологичных участках Y-хромосомы, всегда встречаются у мужчин и никогда не встречаются у женщин.
3. Рецессивные гены, расположенные в X-хромосомах, всегда проявляются у мужчин, а у женщин – только в гомозиготном состоянии.
4. Доминантные гены в X-хромосомах у женщин могут быть в гомозиготном или гетерозиготном состоянии, а у мужчин – только в гомозиготном.

Решение задач, в которых рассматриваются признаки, гены которых расположены в X-хромосомах, следует начинать с мужских особей, поскольку у них всегда проявляется действие и рецессивных, и доминантных генов. Затем можно определить генотип матери по генотипу сыновей и генотип дочерей по генотипу отца или братьев.

Темы главы VII

1. Наследование генов, локализованных в X-хромосоме

Следует помнить, что рецессивные признаки, кодируемые генами, расположенными в **X-хромосомах**, всегда проявляются у мужчин, а у женщин – только в гомозиготном состоянии.

Задача 7-1

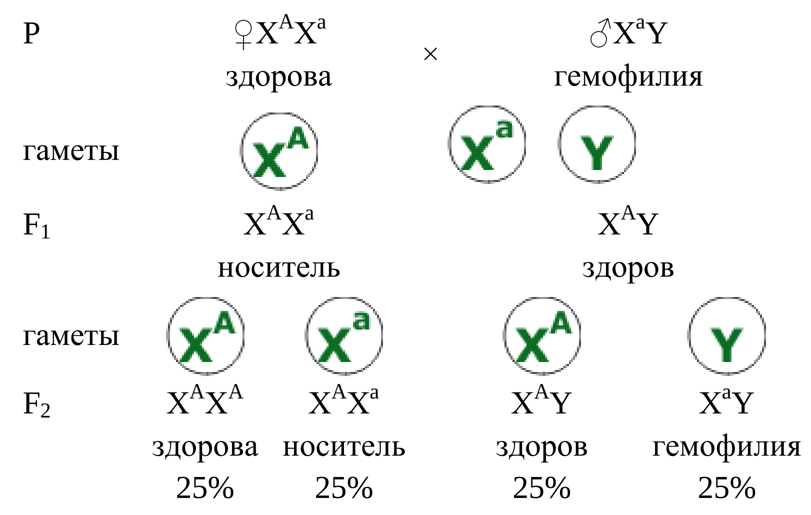
Классическая гемофилия передается как рецессивный, сцепленный с X-хромосомой, признак. Мужчина, больной гемофилией, женился на здоровой женщине (все ее предки были здоровы). У них родилась здоровая дочь. Определить вероятность рождения больного гемофилией ребенка от брака этой дочери со здоровым мужчиной.

Решение

A – нормальная свертываемость, a – гемофилия.

1. Мужчина болен гемофилией, следовательно, его генотип – X^aY.
2. Женщина здорова, значит, она несет доминантный ген А. Все ее предки были здоровы (чистая линия), следовательно, она не является носительницей, и ее генотип – X^AX^A.
3. Одну Х-хромосому дочь получила от матери, другую от отца. Мать могла передать ей только хромосому X^A, а отец – только X^a. Генотип дочери – X^AX^a.
4. Генотип мужа дочери – X^AY, по условию задачи.

Схема брака



Ответ

Вероятность рождения больного гемофилией ребенка – 25% (50% мальчиков будут страдать этим заболеванием).

Задача 7-2

У дрозофилы доминантный ген красной окраски глаз (W) и рецессивный ген белой окраски (w) находятся в Х-хромосомах. Белоглазая самка скрещивалась с красноглазым самцом. Какой цвет глаз будет у самцов и самок в первом и втором поколении?

Задача 7-3

Отсутствие потовых желез у людей – рецессивный признак, сцепленный с Х-хромосомой. Мужчина, у которого отсутствуют потовые железы, женился на женщине, в семье которой никогда не встречалось это заболевание. Какова вероятность рождения у них детей с подобной аномалией?

Задача 7-4

У человека гемофилия детерминирована сцепленным с Х-хромосомой рецессивным геном. Какова вероятность рождения больного ребенка от брака с генотипически здоровым партнером:

а) мужчины, брат которого страдает гемофилией;

б) здоровой женщины, имеющей такого брата?

Задача 7-5

Рецессивный ген дальтонизма (цветовой слепоты) располагается в Х-хромосоме. Женщина с нормальным зрением (отец ее был дальтоником) выходит замуж за мужчину с нормальным зрением, отец которого был дальтоником. Определить возможные фенотипы потомства.

Задача 7-6

Рецессивный ген дальтонизма локализован в Х-хромосоме. От брака женщины с нормальным зрением, родственники которой страдали дальтонизмом, и мужчины с нормальным зрением, у отца которого была цветовая слепота, родились три дочери с нормальным зрением и два сына с цветовой слепотой. Каковы генотипы родителей и потомства? От кого из родителей мальчики получили ген дальтонизма?

Задача 7-7

У человека цветовая слепота обусловлена рецессивным геном, сцепленным с X-хромосомой. Нормальное зрение определяется доминантным аллелем этого гена. От брака родителей с нормальным зрением родился ребенок с цветовой слепотой. Определить генотипы всех членов семьи.

Задача 7-8

У дрозофилы есть пара аллельных генов, один из которых определяет развитие нормальных круглых глаз, а другой – полосковидных глаз. Скрещивается самка, имеющая полосковидные глаза, с круглоглазым самцом. Все потомство F_1 имеет полосковидные глаза. Возвратное скрещивание самок из F_1 с родителем привело к появлению потомства F_2, в котором половина самок и половина самцов имело полосковидные глаза, а другая половина – круглые. Объясните характер наследования данного признака.

Задача 7-9

Потемнение зубов – доминантный признак, сцепленный с X-хромосомой. У родителей, имеющих темные зубы, родилась дочь с темными и сын с белыми зубами. Какова вероятность рождения детей с белыми зубами в этой семье?

2. Наследование генов, сцепленных с Y-хромосомой

Признаки, детерминируемые генами, расположенными в негомологичных участках **Y-хромосом**, всегда проявляются у мужчин и никогда не встречаются у женщин.

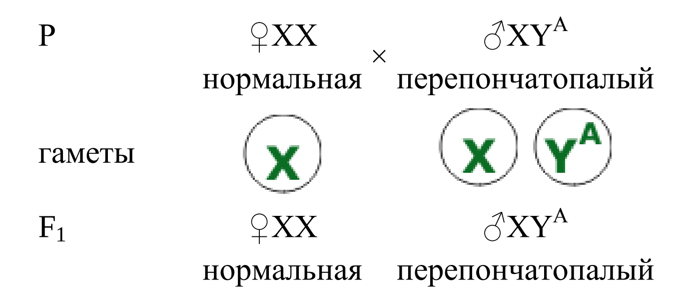
Задача 7-10

Перепончатопалость передается через Y-хромосому. Определить возможные фенотипы детей от брака перепончатопалого мужчины и нормальной женщины.

Решение

1. Генотип мужчины – XY^A, так как он несет ген перепончатопалости (ген можно обозначать и заглавной, и строчной буквой, так как понятие доминантности или рецессивности в данном случае не имеет смысла).
2. Генотип женщины – XX, поскольку у нее отсутствует Y-хромосома, содержащая ген перепончатопалости.

Схема брака



Ответ

Все девочки будут здоровы, а мальчики будут перепончатопалыми.

Задача 7-11

При скрещивании серых самок аквариумных рыбок «гуппи» с пестро окрашенным самцом в первом поколении получены серые самки и пестрые самцы в соотношении 1:1. Такое же соотношение наблюдалось во всех последующих поколениях. Как объяснить полученные результаты?

3. Кодоминантные гены, локализованные в X-хромосоме

Примером может служить наследование трехцветной окраски у кошек. Ген черной масти у них сцеплен с **X-хромосомой**. Другая аллель этого гена представлена рыжей мастью. Ни один ген не доминирует, так как гетерозиготы имеют трехцветную (черепаховую, пятнистую) окраску.

Задача 7-12

Какие котята получатся от скрещивания:
а) черной кошки с рыжим котом;
б) рыжей кошки с черным котом?
Задача 7-13
Черная кошка принесла котят, у одного из которых черепаховая окраска шерсти, а у трех – черная. Что можно сказать о генотипе котят? Каков их пол?

4. Наследование двух признаков, сцепленных с полом

При решении подобных задач следует использовать принципы решения задач на дигибридное скрещивание, с учетом особенностей **наследования признаков, сцепленных с полом**.
Задача 7-14
Рецессивные гены, кодирующие признаки гемофилии и дальтонизма, сцеплены с Х-хромосомой. Мужчина, больной гемофилией, женится на здоровой женщине, отец которой был дальтоником, но не гемофиликом. Какое потомство получится от брака их дочери со здоровым мужчиной?
Решение
А – нормальная свертываемость, а – гемофилия,
В – нормальное цветоощущение, b – дальтонизм.

1. Генотип мужчины – $X^{aB}Y$, так как он несет признак гемофилии и не является дальтоником.
2. Отец женщины был дальтоником, следовательно, она получила от него рецессивный ген дальтонизма. Вторая аллель этого гена находится в доминантном состоянии, так как женщина является здоровой. По признаку гемофилии женщина гомозиготна, так как здорова (доминантный признак), и ее отец был здоров. Генотип женщины – $X^{AB}X^{Ab}$.
3. Генотип мужа дочери – $X^{AB}Y$, так как он не страдает ни дальтонизмом, ни гемофилией.
4. По признаку гемофилии дочь является гетерозиготной, так как от отца она может получить только рецессивный ген, а от гомозиготной матери – только доминантный. Отец передал ей доминантный ген по признаку дальтонизма, а мать могла передать ей как доминантный, так и рецессивный ген. Следовательно, генотип дочери может быть $X^{aB}X^{Ab}$ или $X^{aB}X^{AB}$. Задача имеет два варианта решения.

Ответ
В первом случае – 25% детей (половина мальчиков) будут болеть гемофилией, во втором – половина мальчиков будет страдать гемофилией, а половина – дальтонизмом.
Задача 7-15
Рецессивные гены гемофилии и дальтонизма связаны с Х-хромосомой. Какое потомство будет получено от брака мужчины, больного гемофилией, и женщины, больной дальтонизмом (гомозиготной по признаку отсутствия гемофилии)?
Задача 7-16
Мужчина, страдающий гемофилией и дальтонизмом, женился на здоровой женщине, не являющейся носительницей генов этих заболеваний. Какова вероятность, что у ребенка от брака его дочери со здоровым мужчиной:
а) будет одно из этих заболеваний;
б) будут обе аномалии?
Кроссинговер между генами дальтонизма и гемофилии отсутствует.
Задача 7-17
В Х-хромосоме человека могут располагаться рецессивные гены, определяющие развитие гемофилии и дальтонизма. Женщина имеет отца, страдающего гемофилией, но не дальтонизмом, и здоровую по признаку гемофилии (гомозиготную) мать-дальтоника. Эта женщина выходит замуж за здорового мужчину. Какова вероятность рождения у нее ребенка с одной аномалией, если предположить, что кроссинговер между генами гемофилии и дальтонизма отсутствует?

5. Одновременное наследование признаков, расположенных в соматических и половых хромосомах

Отличие этих задач от задач на ди- и полигибридное скрещивание в том, что при их решении также следует учитывать особенности **наследования признаков, сцепленных с полом**. Гены, локализованные в **половых хромосомах**, обозначаются соответствующими индексами около символов X и Y, а гены **соматических хромосом** – строчными и заглавными латинскими буквами.

Задача 7-18

Ген доминантного признака шестипалости (A) локализован в аутосоме. Ген рецессивного признака дальтонизма (d) расположен в X-хромосоме. От брака шестипалого мужчины-дальтоника и здоровой женщины родился шестипалый сын-дальтоник и здоровая дочь. Каковы генотипы родителей и детей?

Решение

1. Женщина имеет нормальную кисть, следовательно, ее генотип по признаку шестипалости – aa. У нее нормальное зрение (X^D), но ее сын – дальтоник (X-хромосому он получил от матери). Поэтому генотип женщины – aaX^DX^d.
2. У мужчины шестипалая кисть, значит, он несет ген A, но его дочь здорова (aa), поэтому генотип мужчины по признаку шестипалости – Aa. Мужчина страдает дальтонизмом, то есть несет рецессивный ген d в своей единственной X-хромосоме. Генотип мужчины – AaX^dY.
3. Подобным образом по генотипам родителей можно определить генотипы детей: дочь – aaX^DX^d, сын – AaX^dY.

Схема брака

A – шестипалость, a – нормальная кисть, D – нормальное зрение, d – дальтонизм.

P	♀aaX^DX^d норм. кисть, носитель			×	♂AaX^dY шестипалый, дальтоник			
гаметы	aX^D	aX^d			AX^d	aX^d	AY	aY
F_1	AaX^DX^d шестипалый, носитель	aaX^DX^d норм. кисть, носитель	AaX^dX^d шестипалый, дальтоник	aaX^dX^d норм. кисть, дальтоник	AaX^DY шестипалый, здоровый	aaX^DY норм. кисть, здоровый	AaX^dY шестипалый, дальтоник	aaX^dY норм. кисть, дальтоник

Ответ

Генотип матери – aaX^DX^d, отца – AaX^dY, дочери – aaX^DX^d, сына – AaX^dY.

Задача 7-19

Гемофилия – рецессивный признак, сцепленный с X-хромосомой. Альбинизм – рецессивный аутосомный признак. У супружеской пары, нормальной по этим признакам, родился ребенок с обеими аномалиями. Какова вероятность рождения в этой семье здорового ребенка?

Задача 7-20

Гипертрихиоз (повышенная волосатость ушной раковины) передается через Y-хромосому. Полидактилия – доминантный аутосомный признак. В семье, где отец страдал гипертрихиозом, а мать – полидактилией, родилась нормальная дочь. Какова вероятность рождения в этой же семье ребенка с обеими аномалиями?

Задача 7-21

У человека отсутствие потовых желез вызывается рецессивным, сцепленным с X-хромосомой, геном, а один из видов глухоты – рецессивным аутосомным геном. У нормальной пары родился ребенок с двумя этими аномалиями. Каковы генотипы родителей и ребенка?

Задача 7-22
У человека аниридия (один из видов слепоты) зависит от доминантного аутосомного гена, летального в гомозиготном состоянии, а оптическая атрофия (другой вид слепоты) – от рецессивного, сцепленного с полом гена, находящегося в Х-хромосоме. Мужчина с оптической атрофией и аниридией женился на женщине с аниридией, гомозиготной по аллелю, отвечающему за отсутствие оптической атрофии. Определите возможные фенотипы потомства от этого брака.
Задача 7-23
Гипоплазия зубной эмали наследуется как сцепленный с Х-хромосомой доминантный признак, шестипалость – как аутосомно-доминантный. В семье, где мать шестипалая, а у отца гипоплазия зубной эмали, родился пятипалый здоровый мальчик. Напишите генотипы всех членов семьи по этим признакам. Объясните, почему у сына не проявились доминантные признаки родителей? Возможно ли у них рождение ребенка с двумя аномалиями одновременно?
Задача 7-24
Способность различать вкус фенилтиомочевины (ФТМ) обусловлена доминантным аутосомным геном Т. Люди, не различающие вкус данного вещества, имеют генотип tt. Дальтонизм – рецессивный признак, сцепленный с Х-хромосомой. Женщина с нормальным зрением, различающая вкус ФТМ, вышла замуж за дальтоника, неспособного различать вкус фенилтиомочевины. У них родилась дочь, страдающая дальтонизмом и различающая вкус ФТМ, и четыре сына, ни один из которых не страдал дальтонизмом. Двое из них различали вкус ФТМ, а двое – не различали. Каковы генотипы родителей и детей?
Задача 7-25
У дрозофилы имеются две пары альтернативных признаков: серая и желтая окраска тела, нормальная и зачаточная форма крыльев. Скрещивается гомозиготная самка с желтым телом и нормальными крыльями с гомозиготным самцом, имеющим серое тело и зачаточные крылья. Все самки получаются серыми с нормальными крыльями, а все самцы – желтыми с зачаточными крыльями. Какой признак сцеплен с полом, а какой нет? Какие признаки доминируют?
Задача 7-26
Выше отмечалось, что у некоторых организмов, например, у птиц, гетерогаметными (ZW) являются женские особи, а мужские – гомогаметные (ZZ). У кур полосатость окраски обусловлена сцепленным с Z-хромосомой доминантным геном B, а отсутствие полосатости – его рецессивным аллелем b. Наличие гребня на голове определяется доминантным аутосомным геном C, а его отсутствие – рецессивным аллелем c. Две полосатых, имеющих гребешки птицы были скрещены и дали двух цыплят – полосатого петушка с гребешком и неполосатую курочку, не имеющую гребешка. Определить генотипы родительских особей.
Задача 7-27
Красноглазые длиннокрылые дрозофилы при скрещивании между собой дали следующее потомство:
самки: 3/4 красноглазых длиннокрылых, 1/4 красноглазых с зачаточными крыльями;
самцы: 3/8 красноглазых длиннокрылых, 3/8 белоглазых длиннокрылых, 1/8 красноглазых с зачаточными крыльями, 1/8 белоглазых с зачаточными крыльями.
Как наследуются данные признаки у дрозофил? Каковы генотипы родителей?
Задача 7-28
Женщина-правша с карими глазами и нормальным зрением выходит замуж за голубоглазого мужчину-правшу дальтоника. У них родилась дочь с голубыми глазами, левша и дальтоник. Какова вероятность того, что следующий ребенок у них будет иметь такие же признаки, если известно, что карий цвет глаз и преимущественное владение правой рукой – доминантные признаки, гены которых расположены в разных аутосомах, а дальтонизм кодируется рецессивным, сцепленным с Х-хромосомой геном?
Решение

A – карие глаза, a – голубые глаза,
B – праворукость, b – леворукость,
D – нормальное зрение, d – дальтонизм.

1. Генотип дочери – $aabbX^dX^d$, поскольку она несет три рецессивных признака.
2. Генотип мужчины по признаку цвета глаз – aa, так как он несет рецессивный признак. Он дальтоник, следовательно, в его X-хромосоме имеется ген d. Мужчина – правша (доминантный ген B), но его дочь является левшой (bb), значит, он должен нести также рецессивный ген b. Генотип мужчины – $aaBbX^dY$.
3. Женщина является правшой с карими глазами и не страдает дальтонизмом, следовательно, она несет доминантные гены A, B и D. Ее дочь несет рецессивные признаки, значит в генотипе женщины присутствуют также гены a, b, и d. Генотип женщины – $AaBbX^DX^d$.

Ответ

Построив решетку Пеннета (8×6), можно убедиться, что вероятность рождения ребенка с тремя рецессивными признаками равна 1/24.

6. Наследование, зависимое от пола

Этот **вид наследования** не связан с X- или Y-хромосомами, но зависит от их сочетания, которое определяет **пол организма**. Проявление доминантности или рецессивности некоторых аутосомных генов может зависеть от пола организма. Так, например, некоторые признаки могут быть доминантными у мужчин и рецессивными у женщин, или наоборот.

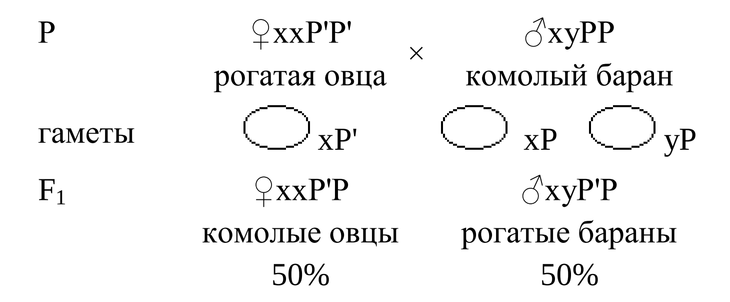
Задача 7-29

У овец ген P обуславливает комолость, а ген P' – рогатость. Доминирование этой пары аллелей зависит от пола. У баранов рогатость доминирует над комолостью, а у овец комолость доминирует над рогатостью. Какое потомство F_1 можно ожидать от скрещивания рогатой овцы с комолым бараном?

Решение

1. Овца рогатая (рецессивный для самок признак), следовательно, ее генотип – xxP'P'.
2. Баран комолый (признак, рецессивный для самцов), значит, его генотип – xyPP.

Схема скрещивания



Ответ

В потомстве будет 50% комолых овец и 50% рогатых баранов

Задача 7-30

Облысение, начинающееся со лба, является признаком, доминантным у мужчин и рецессивным у женщин (поэтому лысые мужчины встречаются чаще). Признак кодируется аутосомным геном. Облысевший мужчина (гетерозиготный по гену лысости) женился на женщине с нормальными волосами, мать которой была лысой. Определить возможные генотипы потомства.

Задача 7-31

У мужчин аутосомный ген лысости S выступает как доминантный, а у женщин он рецессивен. Женщина, имеющая лысого брата, выходит замуж за лысого мужчину. Отец женщины также был лысым. У них родился нормальный сын и рано облысевшая дочь, которая вышла замуж за нормального мужчину. Какова вероятность рождения сына, склонного к раннему облысению, у этой пары?

Ответы и решения к задачам главы VII

7-1. Вероятность рождения больного гемофилией ребенка – 25% (50% мальчиков будут страдать этим заболеванием).
7-2. В F_1 все самки будут иметь красные глаза, все самцы – белые глаза. В F_2 половина самок и половина самцов будут красноглазыми, половина – белоглазыми.
7-3. Все девочки будут являться фенотипически здоровыми носительницами заболевания. Все мальчики будут здоровыми фенотипически и генотипически. Вероятность рождения больных детей в данной семье равна нулю.
7-4. а) Вероятность равна 0;
б) вероятность равна 25% (половина мальчиков может оказаться больными).
7-5.Половина мальчиков будут здоровыми фенотипически и генотипически, а половина – больными. Половина девочек будут являться фенотипически и генотипически здоровыми, половина – носительницами дальтонизма.
7-6. Генотип мужчины – X^DY. Женщина несет генотип X^DX^d, генотип обоих сыновей – X^dY. Генотип дочерей может быть X^DX^D или X^DX^d. Мальчики получили ген дальтонизма от матери.
7-7. Генотип матери – X^DX^d, отца – X^DY, ребенка – X^dY.
7-8. Ген, контролирующий форму глаз, сцеплен с полом и локализован в Х-хромосоме. Доминантным является признак полосовидной формы глаз (он проявляется у потомства F_1).
Схема скрещивания:



7-9. Вероятность рождения ребенка с белыми зубами – 25%. Этот ребенок будет мальчиком.
7-10. Все девочки будут здоровы, а мальчики будут перепончатопалыми.
7-11.Поскольку признак пестрой окраски всегда появляется только у самцов и никогда у самок, можно предположить, что он локализован в Y-хромосоме.
7-12. а) Получится 50% черных и 50% трехцветных котят;
б) получится 50% рыжих и 50% трехцветных котят.
7-13. Генотип трехцветного котенка – X^AX^a (самка), генотип черных котят – X^AY (самцы).
7-14. В первом случае 25% детей (половина мальчиков) будут болеть гемофилией; во втором – половина мальчиков будет страдать гемофилией, половина – дальтонизмом.
7-15. Все мальчики будут страдать дальтонизмом, а девочки будут носительницами гена гемофилии.
7-16. Вероятность появления одного заболевания равна 0, поскольку оба гена расположены в одной хромосоме. Вероятность рождения ребенка с обеими аномалиями равна 25% (это будут мальчики).
7-17. Генотип мужа женщины – $X^{DH}Y$, так как он не несет признаков дальтонизма и гемофилии. Генотип женщины – $X^{Dh}X^{dH}$, поскольку от отца она получила Х-хромосому, содержащую рецессивный ген гемофилии, а от матери – рецессивный ген дальтонизма. Анализ схемы брака показывает, что в этом случае вероятность рождения в этой семье ребенка с одним заболеванием равна 50% (мальчики с генотипом $X^{Dh}Y$, больные гемофилией, и мальчики с генотипом $X^{dH}Y$, страдающие дальтонизмом).

Все девочки будут здоровы, но половина их будет носительницами гена гемофилии, половина – дальтонизма.

7-18. Генотип матери – aaX^DX^d, отца – AaX^dY, дочери – aaX^DX^d, сына – AaX^dY.

7-19. Вероятность рождения в этой семье здорового ребенка – 9/16.

7-20. 25% (половина мальчиков будет страдать гипертрихиозом и полидактилией).

7-21. Генотип родителей – AaX^BX^b и AaX^BY, ребенка – aaX^bY.

7-22. 2/3 детей будут страдать аниридией. По признаку оптической атрофии все дети будут здоровы, но все девочки будут являться носительницами гена, определяющего развитие этого заболевания.

7-23. Генотип матери – AaX^bX^b, отца – aaX^BY, сына – aaX^BY. У сына не проявился признак шестипалости, потому что у матери и у отца в генотипе есть рецессивные гены нормальной кисти. Ребенок не страдает гипоплазией, потому что от отца он получил Y-хромосому, а мать его гомозиготна по рецессивному гену нормальной зубной эмали. Вероятность рождения в этой семье ребенка с двумя аномалиями (девочки) равна 25%.

7-24. Генотип матери – X^DX^dTt, отца – X^dYtt, дочери – X^dX^dTt, первых двух сыновей – X^DYTt, вторых двух сыновей – X^DYtt.

7-25. С X-хромосомой сцеплен признак окраски тела (A – желтая, a – белая). Доминантный ген признака нормальной формы крыльев и рецессивный ген зачаточной формы крыльев локализованы в аутосомах.

7-26. Генотип петуха – CcZ^BZ^b, генотип курицы – CcZ^BW.

7-27. По признаку формы крыльев в потомстве первого поколения для всех особей, независимо от пола, наблюдается расщепление в пропорции 3:1. Это указывает на то, что наследование формы крыльев осуществляется по обычному аутосомно-доминантному типу. Причем ген нормальной формы крыльев доминирует над геном зачаточной формы. Расщепление в потомстве по этому признаку в соотношении 3:1 указывает на то, что скрещивались гетерозиготные особи. Наследование окраски глаз осуществлялось по-разному у самок и самцов. У самок в F_1 все потомство было единообразно и имело красные глаза; у самцов наблюдалось расщепление: половина особей имело красные, половина – белые глаза. Это говорит о том, что ген красной окраски глаз является доминантным и располагается в X-хромосоме. Наличие среди потомства расщепления указывает на то, что часть особей, участвующих в скрещивании была гетерозиготной. Поскольку самцы всегда гомозиготны по генам, расположенным в X-хромосоме, то гетерозиготными являются самки, и их генотип – X^AX^a. Генотип исходных самцов – X^AY, потому что в противном случае среди их дочерей было бы расщепление признака. Генотип исходных самок – X^AX^aBb, самцов – X^AYBb.

7-28. Вероятность рождения ребенка с тремя рецессивными признаками равна 1/24.

7-29. Все овцы (50% от всех животных) будут комолыми, все бараны (также 50% от общего числа) будут рогатыми.

7-30. Все мальчики и половина девочек будут склонны к облысению. Если отвлечься от признака пола, то расщепление в потомстве будет соответствовать менделевскому (3:1).

7-31. Вероятность рождения лысого сына – 3/8 (1/2 – вероятность того, что ребенок будет мальчиком; 3/4 – что мальчик будет склонен к облысению). Общая вероятность равна: $1/2 \cdot 3/4 = 3/8$.

Глава VIII. Наследование летальных генов

Темы главы VIII

1. Летальные гены при моногибридном наследовании

2. Летальные гены при дигибридном скрещивании

3. Наследование летальных генов, локализованных в половых хромосомах

Ответы и решения

1. Летальные гены при моногибридном наследовании

Летальные гены в гомозиготном состоянии могут вызывать гибель потомства еще до рождения. При этом другие генотипы выживают. Как и при кодоминировании, в данном случае образуется три фенотипических класса, но один из фенотипов не проявляется, так как особи, несущие летальные гены, погибают. Поэтому расщепление в потомстве отличается от менделевского.

Задача 8-1

Одна из пород кур отличается укороченными ногами – доминантный признак (такие куры не разрывают огороды). Этот ген влияет также на длину клюва. При этом у гомозиготных по доминанте цыплят клюв так мал, что они не могут вылупиться из яйца и погибают. В инкубаторе хозяйства, разводящего только коротконогих кур (длинноногие куры не допускаются до размножения и отправляются на продажу), получено 3000 цыплят. Сколько среди них было коротконогих?

Решение

1. Все имеющиеся в инкубаторе куры были гетерозиготны (так как гомозиготные коротконогие куры погибают до рождения).
2. При скрещивании между собой гетерозиготных особей образуется следующее потомство:
   25% особей с генотипом АА – погибают до рождения,
   50% особей с генотипом Аа – коротконогие, 25% особей с генотипом аа – длинноногие.

То есть коротконогих особей было 2/3 от всего выжившего потомства – примерно 2000 штук.

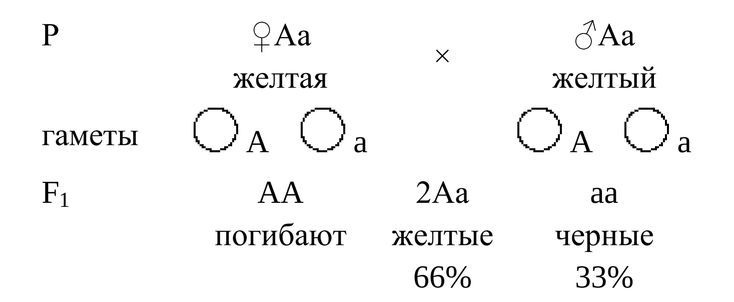
Задача 8-2

При скрещивании между собой черных мышей всегда получается черное потомство. При скрещивании между собой желтых мышей одна треть оказывается черной, а две трети – желтой. Как можно объяснить эти результаты?

Решение

1. Черные мыши являются гомозиготными, так как все их потомство единообразно.
2. Желтые мыши являются гетерозиготными, так как в их потомстве наблюдается расщепление. Поскольку гетерозиготные особи несут доминантный признак, то желтая окраска доминирует.
3. Желтые мыши при скрещивании между собой никогда не дают только желтых потомков. Кроме того, расщепление в их потомстве отличается от менделевского. Это позволяет предположить, что особи, гомозиготные по доминанте, не выживают. Анализ скрещивания подтверждает это предположение.

Схема скрещивания



Задача 8-3

Что будет, если предположить, что у организма возникнет летальная мутация, при которой будут погибать только гетерозиготные особи, а гомозиготные особи останутся жизнеспособными?

Задача 8-4
У мышей ген короткохвостости в доминантном состоянии является летальным, вызывая гибель зародыша на ранних стадиях развития. У гетерозигот хвосты короче, чем у нормальных особей. Определить фенотипы и генотипы потомства, возникающего от скрещивания длиннохвостых и короткохвостых мышей.
Задача 8-5
При скрещивании зеркальных карпов между собой уже в первом поколении наблюдалось расщепление: 152 потомка были зеркальными и 78 – с нормальной чешуей. Как объяснить эти результаты? Какое потомство получится от скрещивания зеркального карпа с обыкновенным?

2. Летальные гены при дигибридном скрещивании

При **дигибридном скрещивании**, как и в случае моногибридного скрещивания, наличие **летальных генов** изменяет соотношение разных фенотипов в потомстве.
Задача 8-6
Анализ потомства от скрещивания двух дрозофил с закрученными крыльями и укороченными щетинками показал наличие разных фенотипов в следующем соотношении:
4 – с закручен. крыльями, укороченными щетинками;
2 – с закручен. крыльями, нормальными щетинками;
2 – с норм. крыльями, укороченными щетинками;
1 – с норм. крыльями, нормальными щетинками.
Как объяснить полученные результаты? Каков генотип исходных мух?
Решение

1. Среди потомков наблюдается расщепление по обоим признакам. Это указывает на то, что скрещиваемые особи были дигетерозиготными.
2. Расщепление по каждой отдельно взятой паре признаков осуществляется в пропорции 2:1. Отклонение от расщепления в пропорции 3:1 свидетельствует о том, что в обоих случаях особи, гомозиготные по рецессивному признаку, погибают.

Ответ
Полученные результаты можно объяснить исходя из предположения, что в данном случае наблюдается независимое наследование двух признаков, кодируемых генами, которые в рецессивном состоянии вызывают гибель организмов.
Задача 8-7
У мышей ген черной окраски тела (А) доминирует над геном коричневой окраски (а). Эти гены расположены в одной паре аутосом. Длина хвоста определяется генами В и b, расположенными в другой паре хромосом. Особи с нормальной длиной хвоста имеют генотип ВВ, с укороченной – Bb. Мыши, имеющие генотип bb, погибают в эмбриональном состоянии. Какое потомство следует ожидать от скрещивания двух дигетерозиготных по этим признакам животных?
Задача 8-8
Как изменится расщепление по фенотипу в F_2, если при дигибридном скрещивании aabb×AaBb гамета АВ окажется нежизнеспособной?

3. Наследование летальных генов, локализованных в половых хромосомах

Наличие **летальных генов, расположенных в Х-хромосомах**, может изменять соотношение полов и распределение признаков, кодируемых этими генами у потомства.
Задача 8-9
У дрозофилы ген i является рецессивным, сцепленным с Х-хромосомой, и летальным. Каково будет соотношение полов в потомстве от скрещивания гетерозиготной по этому гену самки с нормальным самцом?

Решение

1. Генотип самки – X^IX^i по условию задачи.
2. Генотип самца – X^IY. Если бы самец нес летальный ген i, то он проявился бы у него.

Схема скрещивания

P	♀X^IX^i носитель		×	♂X^IY здоров	
гаметы	X^I	X^i		X^I	Y
F_1	X^IX^i носитель 25%	X^IX^I здоров 25%		X^IY здоров 25%	X^iY умер 25%

Ответ

В потомстве следует ожидать соотношения полов 2:1 (75% самок и 25% самцов), так как 25% особей (половина самцов) погибнет от действия летального гена.

Задача 8-10

У кур сцепленный с полом ген k обладает в рецессивном состоянии летальным действием, вызывающим гибель цыплят до вылупления. Самец, гетерозиготный по летальному гену, от скрещивания с нормальными курами дал 120 цыплят. Какая часть потомства будет являться самцами, а какая – самками? У кур гетерогаметным (ZW) является женский пол.

Задача 8-11

Почему не наблюдается наличие летальных генов в негомологичных участках Y-хромосомы?

Ответы и решения к задачам главы VIII

8-1. Коротконогих особей было 2/3 от всего выжившего потомства, то есть примерно 2000 штук.

8-2. Объяснение в тексте.

8-3. Особи, гомозиготные по доминантному и рецессивному признаку, утратят способность к скрещиванию между собой, и их эволюция пойдет разными путями. В дальнейшем это может привести к образованию двух новых видов.

8-4. 50% потомства будет иметь длинные хвосты, а 50% – короткие.

8-5. В данном случае наблюдается наследование, при котором особи, гомозиготные по доминантному гену погибают. От скрещивания зеркального карпа с обыкновенным получится 50% зеркальных (Аа) и 50% нормальных (аа) карпов.

8-6. Полученные результаты можно объяснить исходя из предположения, что в данном случае наблюдается независимое наследование двух признаков, кодируемых генами, которые в рецессивном состоянии вызывают гибель организмов.

8-7. В потомстве будут встречаться черные особи с укороченными хвостами (AABb и AaBb), черные с нормальными хвостами (AABB и AaBB), коричневые с укороченными хвостами (aaBb) и коричневые с нормальными хвостами (aaBB) в соотношении 6:3:2:1.

8-8. Гамета АВ жизнеспособна:

AaBb – 25%;

aaBb – 25%;

Aabb – 25%;

aabb – 25%;

Гамета АВ нежизнеспособна:

aaBb – 33%;

Aabb – 33%;

aabb – 33%.

8-9. В потомстве следует ожидать соотношения полов 2:1 (75% самок и 25% самцов), так как 25% особей (половина самцов) погибнет от действия летального гена.
8-10. Решение аналогично решению задачи 8-9, но соотношение полов будет противоположным: среди вылупившихся птенцов будет 2/3 петушков (80 штук) и 1/3 курочек (40 штук).
8-11. Если возникнет летальная мутация по гену, расположенному в Y-хромосоме, то она сразу же проявится у самцов и они погибнут, не успев передать этот ген потомству.